L'espace comme paramètre d'écriture à travers les dispositifs de spatialisation sonore

Maxence Mercier

Centre Transdisciplinaire d'Épistémologie de la Littérature et des Arts vivants

Présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en
Arts vivants, dominante musique d'Université Côte d'Azur
Dirigée par : Jean-François Trubert et
Co-dirigée par : Robert Normandeau
Soutenue le : 2 décembre 2025

Devant le jury, composé de :

Pia Baltazar, Compositrice et Directrice arts sciences à la SAT à Montréal, Canada

Pierre Couprie, Professeur, Université Paris Saclay

Hervé Glotin, Directeur du CIAN, Professeur, Université de Toulon

Vincent Tiffon, Professeur, Université Aix/Marseille,

Jean-François Trubert, Professeur, Université Côte d'Azur

Robert Normandeau, Professeur émérite Université de Montréal

Julie Mansion-Vaquié, Maîtresse de conférence, Université Côte d'Azur

Caroline Traube, Professeure, Université de Montréal

Laura Zattra, Professeure, Conservatoire de Udine (Italie) et chercheur associé à l'IRCAM

L'espace comme paramètre d'écriture à travers les dispositifs de spatialisation sonore

Jury :

Co-directeurs de thèse

Jean-François Trubert, CTLEA, Professeur, Université Côte d'Azur

Robert Normandeau, Professeur émérite, Faculté de musique, Université de Montréal

Président du jury

Vincent Tiffon, Professeur, PRISM CNRS, Université Aix/Marseille

Rapporteurs

Pierre Couprie, Professeur, CHCSC, Université Évry Paris-Saclay

Vincent Tiffon, Professeur, PRISM CNRS, Université Aix/Marseille

Examinateurs

Hervé Glotin, Directeur du CIAN, LIS CNRS, Professeur, Université de Toulon

Julie Mansion-Vaquié, CTLEA, Maîtresse de conférence, Université Côte d'Azur

Caroline Traube, Professeure, Faculté de musique, Université de Montréal

Laura Zattra, Professeure, Conservatoire de Udine (Italie) et chercheur associé à l'IRCAM

Invitée

Pia Baltazar, Compositrice et Directrice arts sciences à la SAT à Montréal

Sommaire

Résumé 9
Remerciements 13

INTRODUCTION 15

Une arborescence de trajectoires entre recherches et création 15
Préambule 15
Trajectoire personnelle 16

Chapitre 1 Épistémologie d'une pratique située : penser et créer avec le son et l'espace 21
1.1 La création musicale comme mode d'enquête 21
1.2 La recherche-création comme champ épistémologique 22
1.3 Poétique et politique de la pratique compositionnelle 25
1.4 La composition comme acte de soin 27
1.5 Conclusion : Vers une poétique de l'individuation 30

PARTIE 1 : ETAT DE L'ART 33

Chapitre 2 Florilège de divergences spatiales 35
2.1 Les pionniers du 20e siècle 37
2.2 Henry Brant et l'Europe 40
2.3 Les pionniers face au père de la musique concrète 59
2.4 Raymond Murray Schafer et Jean-Claude Risset, une complaisance aux antipodes 66
2.5 Christian Clozier vs François Bayle, les canons du concert avec dispositif de haut-parleurs 72
2.6 De l'acousmonium aux sphères : cinq approches de l'acousmatique 82
2.7 Temps réel et spatialisation : trajectoires croisées chez Stroppa et Manoury 92
2.8 Vers une nouvelle écologie de la création spatialisée et immersive 105
2.9 Pour élargir l'espace propre de cette époque 108

Chapitre 3 La partition comme proxy : notation de l'espace sonore 111
3.1 La spatialisation, cinquième paramètre insaisissable 111
3.2 La partition comme abstraction spatiale 112
3.3 Les architectures sonores sur papier 114
3.4 La notation graphique entre impasse et échappatoire 120
3.5 La littéralité de l'espace numérique 122
3.6 Le patch comme partition — la spatialisation algorithmique 123
3.7 La coexistence des modèles : texte, processus et performance 125

3.8 Conclusion : la dimension cachée à l'air libre 128

PARTIE 2 : CONTRIBUTIONS 131

Chapitre 4 Persistance et résistance de l'expérience : l'esthétique relationnelle et la performance artistique face à l'atomisation numérique (2000-2020) 133

4.1 Introduction : La tension fondamentale de l'ère numérique 133
4.2 Le contexte techno-Social (2000-2020) : De l'agora participative à l'atomisation algorithmique 136
4.3 Cadres théoriques : penser la co-présence et l'interaction 140
4.4 L'agora numérique à l'épreuve de la liberté 143
4.5 *Iquisme* (2015) : L'orchestration intermédiatique face à la saturation 146
4.6 Transduction de l'interaction 148

Chapitre 5 *Iquisme* comme modèle épistémologique de création intermédiatique 153

5.1 Introduction 153
5.2 La problématique de la matière numérique : de la création à la conservation 153
5.3 L'atelier numérique : un framework pour la composition intermédiatique 154
5.4 Dramaturgie et esthétique : la dialectique de l'analogique et du numérique 155
5.5 La synthèse d'interactions multimodales : vers une écriture augmentée 156
5.6 *Iquisme* comme paradigme analytique 157
5.7 Prémices d'une œuvre distribuée sous forme de triptyque opératique 157
5.8 Vers une œuvre comme environnement relationnel 158

Chapitre 6 Espace non-commutable de la création recherche 161

6.1 La géométrie non commutative comme dynamique des espaces. 161
6.2 Un espace qui change de nature 162
6.3 L'espace n'est pas un décor 162
6.4 De la mesure intérieure à l'espace relationnel : vers une pensée dynamique de l'espace 162
6.5 Conclusion isomorphique 166

Chapitre 7 Dans le rétroviseur de la musicologie, d'Aphex Twin à Romitelli 169

7.1 Introduction 169
7.2 L'élargissement des esthétiques dans l'espace numérique 170
7.3 L'intelligent dance music 176
7.4 Romitelli et la problématique de la fusion esthétique 183

Chapitre 8 Dans le code de Romitelli 191
8.1 Introduction 191
8.2 Archéologie d'une pratique : l'environnement de composition comme archive active 192
8.3 Anatomie d'un langage formel : la librairie lispdef.lisp 197
8.4 La micro-structure du son : précision numérique et incidence esthétique 200
8.5 Vers une poétique de l'algorithme : l'espace compositionnel comme espace latent ... 206
8.6 Espaces multiples d'écriture 211
8.7 Esquisse manuscrite de *Professor Bad Trip* 217
8.8 L'état de l'art sur la synthèse instrumentale chez Romitelli 219
8.9 Conclusion 222

Chapitre 9 Sur les cordes automatiques de Risset 225
9.1 Introduction 225
9.2 Méthodologie d'analyse exploratoire 226
9.3 Les archives numériques de Jean-Claude Risset sur le Disklavier 240
9.4. Catalogue officiel et bifurcation, pour Disklavier 246
9.5 *Plectre* (1995), génétiques d'une pièce méconnue 251
9.6 Un inédit, Stochattop ou Stochatta ? 278
9,7 Préservation 285
9.8 Conclusion 290

Chapitre 10 Avec Sound Trajectory 293
10.1 Présentation 293
10.2 inPlace, générateur de méta partitions spectro-spatiales 313
10.3 Spatial partition mapping 335
10.4 Cybernephone X 336

Chapitre 11 Pour l'Anthologie du Gmeb/Imeb 345
11.1 Introduction 345
11.2 La vision fondatrice et le noyau humain 346
11.3 Instruments et studios 350
11.4 Principes théoriques et musicaux 355
11.5 Un carrefour international — diffusion et influence 357
11.6 Synthèse chronologique (1970-2011) 359
11.7 L'héritage du GMEB/IMEB, une mémoire d'avenir 361
11.8 Le paradoxe de Bourges 363
11.9 Une affirmation visionnaire et stratégique pour bâtir un centre d'influence 364
11.10 La parole et l'outil : critique des partis pris théoriques et technologiques 367
11.11 La pédagogie avec le Gmebogosse et la formation de l'auditeur 369

11.12 Nuances et singularités : définir la place unique de l'IMEB 369
11.13 L'héritage de Bourges 373

PARTIE 3 : RÉSULTATS 375

Chapitre 12 *Out of Sight* 377
12.1 Introduction 377
12.2 Un solo pour piano, synthèse et dispositif immersif 380
12.3 Espace audionumérique 381
12.4 Le réseau midi comme support du geste performatif 387
12.5 Corpus des pièces musicales 400
12.6 Conclusion 401

Chapitre 13 *Umwelt* 405
13.1 Introduction 405
13.2 Fondements théoriques et philosophiques pour penser l'écologie sonore au-delà du paysage 406
13.3 Le Territoire comme Partenaire : Genèse d'un Matériau Sonore 409
13.4 Le processus de composition : Une esthétique symbiotique en action 411
13.5 Avant-propos en contrepoint à la linéarité de la présentation 416
13.6 Résolution de l'avant propos 418
13.7 Analyse linéaire 424
13.8 Analyse texturale et spectrale : vers une orchestration de la bioacoustique 429
13.9 Analyse des matériaux et de leur transformation : une poétique de la révélation 430
13.10 La poétique de l'espace : immersion et dispositifs de spatialisation 431
13.11 Déploiement de l'œuvre : mémoire, réception et circulation 435
13.12 Conclusion : composer avec les « espaces propres ». 437

Chapitre 14 *Voices of fragments* 441
14.1 Présentation 441
14.2 Le paradoxe des Archives nationales : entre conservation et suspension 444
14.3 Valorisation et médiation : l'écoute forensique du travail invisible 445
14.4 La partition invisible : cartographie et narration spatiale 447
14.5 La polyphonie des trajectoires : une expérience relationnelle 458
14.6 Le terrain : recueillir la trace affective 459
14.7 Conclusions 461

Chapitre 15 *Beyond Sea Skin* 467
15.1 Présentation : un écosystème poïétique et politique 467
15.2 Le corpus bioacoustique 471
15.3 La distribution spatiale : l'espace comme paramètre actif 488
15.5 L'inaccessible : Sonification des Dynamiques Environnementales 497
15.7 Cartographie des grands espaces 501
15.8 Conclusion et perspectives pour *Beyond sea Skin* 501

Chapitre 16 DISCUSSION, CONCLUSION et PERSPECTIVES 505
16.1 L'espace comme paramètre d'écriture : discussion autour d'une double hélice perceptive et opératoire 507
16.2 L'archive active : de l'archéologie logicielle à la mémoire sensible 510
16.3 La synthèse symbiotique : vers une écologie de la création et de l'écoute 511
16.4 L'oeuvre distribuée : une réponse formelle à l'atomisation numérique 512
16.5 Discussions sur l'écriture des espaces 514
16.6 Conclusions 527
16.7 Perspectives 531
16.8 Conclusion générale 535

17 Bibliographie 537
1. Écrits sur l'écriture spatiale en musique 537
2. Techniques, technologies et outils pour la composition et la spatialisation 539
3. Musicologie 542
4. Recherche-création et méthodologies 549
5. Écologie et bioacoustique 549
6. Philosophie, esthétique, sociologie et anthropologie 552
7. Institutions, politiques culturelles et archives 555
8. Sciences formelles 558
9. Logiciels 558
10. Œuvres 559
18.Tables 565
18.1 Liste des figures 565
18.2 Liste des tableaux 571
19. Annexes 573
19.1 accès aux annexes numériques 573
19.2 Frise chronologique des activités du doctorat 574
19.3 Créations musicales et expositions pendant le doctorat 575
19.4 Publications articles 576
19.5 Communications colloques/séminaires 576

Résumé

L'espace comme paramètre d'écriture à travers les dispositifs de spatialisation sonore

Depuis les années 1950, l'espace s'impose comme un paramètre central de la composition musicale, incarné dans des dispositifs d'écriture, de diffusion et d'interprétation qui en révèlent la diversité. Il se déploie à la fois comme dimension perceptive, qui organise la distribution et la circulation du son, et comme dimension opératoire, inscrite dans les environnements techniques qui conditionnent l'écriture.

Un premier axe propose une relecture critique de l'histoire de la spatialisation sonore. Plutôt qu'un récit linéaire des innovations techniques, il met en évidence les tensions esthétiques, institutionnelles et idéologiques qui ont façonné un champ trop souvent réduit à des « chapelles », alors qu'il s'agissait en réalité de configurations poreuses où circulaient modèles, discours, et rapports de pouvoir. L'étude des dispositifs de l'IMEB illustre cette complexité : conçus comme instruments collectifs et modulaires, le Gmebaphone et le Cybernéphone s'inscrivaient dans un écosystème où gestes et intentions compositionnels transitaient par une chaîne reliant le studio, l'organisation de concours et festivals, la pédagogie, l'édition phonographique, et la diffusion radiophonique. L'étude de ce premier axe montre que l'histoire de la spatialisation est façonnée autant par la structuration institutionnelle que par les conceptualisations esthétiques.

Le deuxième axe développe une méthodologie de réactivation des environnements numériques obsolètes, envisagée comme une archéologie logicielle. Elle considère logiciels et codes non comme des artefacts inertes, mais comme des archives réactivables de la pensée compositionnelle. Deux études de cas l'illustrent : celle de Fausto Romitelli, à travers son code Lisp dans PatchWork, qui révèle un moteur de fusion spectrale où des cibles harmoniques filtrent des spectres inharmoniques ; et celle de Jean-Claude Risset, par l'analyse de ses patchs Max pour Disklavier, qui a permis la reconstitution d'une œuvre inédite *Stochattop* (1989) et la réactivation d'une autre oubliée *Plectre* (1995), mettant en évidence une poétique de sobriété computationnelle dont la pertinence reste manifeste en 2025. Ces analyses montrent que l'espace opératoire peut prendre des formes contrastées : télescopage du numérique au mécanique chez Risset, et projection d'un espace computationnel latent dans la partition chez Romitelli.

Le troisième axe présente deux outils : d'abord Sound Trajectory, destiné à la composition spatiale, puis inPlace, conçu pour l'analyse de la spatialisation sonore. Tous deux permettent de formaliser des méta-partitions, d'explorer et d'identifier des cinétiques sonores, et de documenter les gestes de composition spatiale. Pensés dans une relation organique avec le travail de composition, ces logiciels articulent gestes, écriture et automation. Ils inscrivent l'expérimentation technique dans une méthodologie productrice de connaissances, prolongeant la logique des archives actives dans le registre de la lutherie numérique.

Le quatrième axe présente un portfolio de créations originales. *Out of Sight* explore la spatialisation en temps réel comme extension du geste pianistique, inscrivant l'instrument dans une lutherie élargie. *Umwelt*, pièce immersive pour piano, violoncelle et sons bioacoustiques, propose une « synthèse sonore symbiotique » articulant pratiques instrumentales, bioacoustique, et pensée écologique — dans la continuité d'une fabrique instrumentale et spatiale hybride. *Voices of Fragments*, installation sonore interactive, interroge une mémoire patrimoniale difficile à partir des témoignages d'archivistes du procès « pour l'histoire » V13. Elle déploie une dramaturgie spatiale non linéaire, où le visiteur active les éléments d'une partition interactive transformant la transmission des témoignages en expérience collective. Enfin, *Beyond Sea Skin* condense l'ensemble de la recherche dans un projet en cours de réalisation, combinant dispositif orchestral, installation immersive, et application de réalité virtuelle.

Ces œuvres exposent une circulation du sens à travers une constellation de formes médiatiques reliées par l'espace comme syntaxe active, une temporalité fragmentaire et une mémoire patrimoniale réactivée. La recherche-création met en évidence trois résultats principaux : l'espace comme paramètre d'écriture à la fois perceptif et opératoire ; la temporalité non linéaire comme principe dramaturgique ; et les archives, institutionnelles ou logicielles, comme ressources actives de création. Les outils logiciels développés prolongent cette logique en intégrant documentation et analyse au cœur même du processus poïétique. La thèse affirme ainsi la recherche-création comme un champ épistémologique spécifique, où l'œuvre se déploie simultanément comme expérience esthétique, archive vivante, et vecteur de connaissance.

En conclusion, cette recherche propose une poétique critique de l'espace musical où technique, mémoire et écologie s'articulent. Les environnements numériques et les dispositifs institutionnels apparaissent comme supports de traces activables, qui se réinterprètent à travers la transmission des savoirs. Ces traces renvoient à un temps unique mais hétérochronique, déployé sur des échelles multiples, du geste instantané au temps long. L'écologie sonore prolonge cette perspective en confrontant l'anthropophonie à deux limites : sa tendance à rivaliser avec la violence des phénomènes géophoniques, et sa difficulté à préserver les subtilités de la biophonie. L'art de révéler les hétérochronies devient une ressource expressive, offrant au compositeur la possibilité de manipuler ces échelles dans un acte à la fois esthétique et politique, au sens de l'organisation de la vie collective. L'œuvre se déploie ainsi comme expérience reliant perception, technique et mémoire au sein d'un même milieu vivant.

Mots-clés : spatialisation sonore, recherche-création, musique électroacoustique, environnements numériques de composition, archéologie logicielle, archives actives, patrimoine sonore, constellation d'œuvres multimodales, lutherie numérique, analyse de la spatialisation, art intermédiatique, écologie sonore, bioacoustique, éthoacoustique.

Abstract

Space as a parameter of writing through sound spatialization devices

Since the 1950s, space has imposed itself as a central parameter of musical composition, embodied in devices of writing, diffusion, and performance that reveal its diversity. It unfolds both as a perceptual dimension, which organizes the distribution and circulation of sound, and as an operational dimension, inscribed in the technical environments that condition writing.

A first axis proposes a critical rereading of the history of sound spatialization. Rather than a linear account of technical innovations, it brings to light the aesthetic, institutional, and ideological tensions that have shaped a field too often reduced to « chapels », whereas in reality it consisted of porous configurations through which models, discourses, and power relations circulated. The study of IMEB's devices illustrates this complexity: conceived as collective and modular instruments, the Gmebaphone and the Cybernéphone were inscribed in an ecosystem where compositional gestures and intentions transited through a chain linking the studio, the organization of competitions and festivals, pedagogy, phonographic publishing, and radio broadcasting. The study of this first axis shows that the history of spatialization is shaped as much by institutional structuring as by aesthetic conceptualizations.

The second axis develops a methodology for reactivating obsolete digital environments, envisaged as software archaeology. It considers software and code not as inert artefacts, but as reactivatable archives of compositional thought. Two case studies illustrate this: that of Fausto Romitelli, through his Lisp code in PatchWork, which reveals a mechanism of spectral fusion where harmonic targets filter inharmonic spectra; and that of Jean-Claude Risset, through the analysis of his Max patches for Disklavier, which made possible the reconstruction of an unpublished work, *Stochattop* (1989), and the reactivation of another, forgotten, *Plectre* (1995), bringing to light a poetics of computational sobriety whose relevance remains manifest in 2025. These analyses show that the operational space can take contrasting forms: telescoping of the digital into the mechanical in Risset, and projection of a latent computational space into the score in Romitelli.

The third axis presents two tools: first, Sound Trajectory, intended for spatial composition; then inPlace, designed for the analysis of sound spatialization. Both make it possible to formalize meta-scores, to explore and identify sonic kinetics, and to document the gestures of spatial composition. Conceived in an organic relation with the work of composition, these software tools articulate gestures, writing, and automation. They inscribe technical experimentation within a methodology that produces knowledge, extending the logic of active archives into the register of digital lutherie.

The fourth axis presents a portfolio of original creations. *Out of Sight* explores real-time spatialization as an extension of the pianistic gesture, inscribing the instrument within an expanded lutherie. *Umwelt*, an immersive piece for piano, cello, and bioacoustic sounds, proposes a

« symbiotic sound synthesis » articulating instrumental practices, bioacoustics, and ecological thought—in continuity with a hybrid instrumental and spatial lutherie. *Voices of Fragments*, an interactive sound installation, interrogates a difficult heritage on the basis of testimonies from archivists of the « for history » V13 trial. It unfolds a non-linear spatial dramaturgy in which the visitor activates elements of an interactive score, transforming the transmission of testimonies into a collective experience. Finally, *Beyond Sea Skin* condenses the whole research into a project in progress, combining an orchestral device, an immersive installation, and a virtual reality application.

These works exhibit a circulation of meaning across a constellation of media forms linked by space as an active syntax, a fragmentary temporality, and a reactivated heritage memory. The research-creation brings out three main results: space as a parameter of writing that is both perceptual and operational; non-linear temporality as a dramaturgical principle; and archives, institutional or software-based, as active resources for creation. The software tools developed extend this logic by integrating documentation and analysis at the very heart of the poietic process. The dissertation thus affirms research-creation as a specific epistemological field, where the work unfolds simultaneously as aesthetic experience, living archive, and vector of knowledge.

In conclusion, this research proposes a critical poetics of musical space in which technique, memory, and ecology are articulated. Digital environments and institutional devices appear as supports for activable traces, which are reinterpreted through the transmission of knowledge. These traces refer to a time that is unique yet heterochronic, deployed on multiple scales, from instantaneous gesture to long duration. Sound ecology extends this perspective by confronting anthropophony with two limits: its tendency to vie with the violence of geophonic phenomena, and its difficulty in preserving the subtleties of biophony. The art of revealing heterochronies becomes an expressive resource, offering the composer the possibility of manipulating these scales in an act that is both aesthetic and political, in the sense of the organization of collective life. The work thus unfolds as an experience linking perception, technique, and memory within a single living environment.

Keywords: sound spatialization; research-creation; electroacoustic music; digital composition environments ; software archaeology; active archives ; sound heritage; constellation of multimodal works; digital lutherie ; analysis of spatialization; intermedial art; sound ecology; bioacoustics; ethoacoustics.

Remerciements

Aux membres du jury, dont certains ont accompagné différentes étapes de ce projet, pour avoir accepté de l'évaluer et d'y consacrer leur temps, de la lecture à la soutenance.

À Jean-François Trubert, pour sa confiance et son enthousiasme pour l'avancée de ce doctorat et sa complicité sur nos trajectoires communes, à la place donnée à la création dans la jungle industrielle, sur le fil et au-delà !

À Robert Normandeau, pour son accueil dans le meilleur studio immersif du monde, et les tablettes de chocolat près de la machine à café ! Mais surtout pour SpatGRIS et son approche à inscrire l'écriture de l'espace dans le temps.

À Hervé Glotin, pour m'avoir fait plonger avec les plus gros cerveaux du monde et m'avoir incité à ne pas reprendre trop vite mon souffle !

À l'Idex d'avoir financer ce doctorat, à la SFM et à l'Afim, pour la bourse jeune chercheur ayant permis de soutenir ma recherche dès les premiers mois.

À Christian Clozier et Françoise Barrière, pour leurs amitiés, leurs œuvres respectives et communes, et leur dévouement à l'existence et à la défense d'une musique électroacoustique internationale en tout point du globe.

À Christophe Vergès, pour son accueil et sa confiance au LMA. À Patrick Sanchez, pour m'y avoir introduit, pour sa bienveillance et sa complicité. A Virgile Abela et son énergie pendulaire infinie, qui a entretenu bien plus que la cinétique de notre amitié.

À Solenn et Tanguy Risset, pour m'avoir donné accès aux archives numériques de Jean-Claude Risset et à Vincent Tiffon, pour l'accès et la transmission des archives papier en plein été.

À Jocelyn Raphanel, pour son enthousiasme à soulever des montagnes et m'avoir invité sous le dôme avec les meilleures attentions. À Philippe Gordiani et toute l'équipe de Césaré, pour la résidence de création d'*Umwelt*, imaginée comme une introduction à l'installation *Underwater Hidden Sound Life* présentée au festival Faraway.

À Rosa Cinelli, pour notre collaboration et avoir tenu bon sur l'archivistique mémorielle. À Sarah Tirelli, pour nous avoir donné à travailler l'espace d'une authentique polychoralité vénitienne.

À Philippe Roger, compagnon du cadre et du calibrage, soutien sans faille des épineuses questions d'alignement hors phase. A Rémi Bessaix, pour la production et l'accueil chaleureux au studio Novasound de Lausanne.

À Yvan Perez, pour son accueil chaleureux à la station d'Endoume où nous avons lancé les premières intermodulations sonores d'un projet de performance subaquatique. À Victor Conradson, pour les immersions entre piscine et plateformes, bercées par les soirées méthodologiques du streaming musical. À Michel Redolfi, pour avoir tenté ensemble la migration des sons des fjords norvégiens jusqu'à la Prom' de Nice pour l'Unoc 2025.

À Damian Keller, pour avoir été le premier à m'encourager à faire un doctorat et à Hervé Zenouda, qui quinze ans plus tard m'a mis de force le pied à l'étrier.

À Hervé Déjardin, pour son soutien dans la diffusion de Sound Trajectory et sa dévotion énergique à l'immersion sonore.

À Thierry Coduys, pour nos croisements trajectoriels, son soutien et ses encouragements. À Miller Puckette, pour nous avoir permis de tisser du code et pour le contact de Richard Dudas. À Laurent Pottier, pour l'Holophon, l'escabeau de la VAE et les archives précieuses de son travail avec Romitelli. À Zack Zettel, pour la formidable explication des quaternions. À Jon Nelson, pour m'avoir transmis la librairie *DKompose* mise à jour depuis 1992, qui a sérieusement amorcé mon travail sur le Disklavier et a pu être remise à son auteur original Simon Bolzinger.

À Pia Baltazar, pour sa bonne humeur lessivant en très peu temps mes dernières craintes d'écoute subjective.

À Pierre Parmentier, David Fernandez, Camille Giuglaris, Gaël Navard, Michel Pascal, soutiens indéfectibles de l'écosystème sonore créatif à Université Côte d'Azur.

Au CTELA, pour la prouesse de faire fonctionner un tel laboratoire rempli d'une diversité de profils inouïs.

Merci aussi à l'ensemble des collègues, ami·es et complices de recherche, de création ou d'enseignement – Romina Romey, Marcin Sobieszczanski, Jonathan Bell, Charles de Paiva Santana, Vincent Ciciliato, Antoine Gonot, Claire Chatelet, Cordélia Fauvet, Amélie Deschamps, Charles Meyer, Matteo Treleani, Jan Schacher, Christian Delecluse, Alexis Derouet, Frédéric Changenet, Anthony Pillette, Amélie Nilles, Quentin Nivromont, Maoupa Mazzocchetti, Benjamin Flament, Marc Jacquin, Thomas Fourmond, Ottilie B, Emmanuel Fletty, Thibault Carpentier, Serge Lemouton, Adrien Zanni, Arnault Damien, Gaëtan Byk, Eleonora Paciullo, Philippe Robert, Auriane Gros, Hui-Yin Wu, Ana Dall'Ara-Majek, Kathy Wilkowski, ErikM, Louis Dufort, François Sarano, Pascale Giraudet, Jean-Marc Prévot, Franck Bessière, Charles Berling, Tiphaine Samson, Clara Lopez-Segui, Carlo Forlivesi, Alireza Farhang, Jean-Luc Hervé, Monica Gil Giraldo, Yasamin Attari, Angelesta Aliperta – qui, chacun·e à sa manière, ont inspiré, accueilli, accompagné ou rythmé ce travail.

À Michelle Agnes Magalhaes, sans qui il y aurait beaucoup moins de tout ça. À Léonore et Arthur, pour nos aventures hors de la surface, dans les profondeurs exquises de l'onde sonore qui te poétise le corps. À mes parents, curieux, ouverts, généreux, tolérants, créatifs ! Et courage pour Evelyne qui n'aura jamais reculé devant les pavés de relecture avec l'objectivité d'une mère adorante et adorable pour les avoir toujours trouvés passionnants, même s'il s'agit de matrices de calculs obscures.

À toute ma famille et proches amis, Chantal, Martin, Fabien, Manu, Fanny, Guillaume, Mario, Lola, Madalina, Ludo, Laura, Rémi, ainsi que tous ceux qui de près ou de loin m'auront soutenu.

À Chouchou, experte en arpèges et clusters aléatoires, fidèle féline dans mes nuits blanches studieuses.

Et enfin, mon Johann, cette thèse elle t'est dédiée, enfin c'est une part de l'espace que j'aimerais te dédier, celui qui t'extrait des plages ligériennes, des champs de blé et de la forêt des Bertranges, pour voguer où bon te semblera. Tu as accompagné sans fatigue mes plus longues séances de discussions, tout temps cumulé. Tu remportes plus qu'une reconnaissance, tu partages mes expériences du haut de ton petit piédestal de plus fidèle camarade, merci pour ton amitié. Mais bon, ne t'illusionne pas trop, la palme des dédicaces, elle est bien sûr pour mes deux nanas : Amandine et notre fille Castille, complices incomparables de mes plus infimes élucubrations.

INTRODUCTION

Une arborescence de trajectoires entre recherches et création

> Les avancées ou les hasardements des sciences, les plongées ou les errances de la création artistique ne vont certes pas « en continu ». S'il se trouve, c'est là ce que la science et l'art partagent le plus sûrement. Mais le créateur ratifie et l'homme de science suppose : deux dimensions de la manière d'inventer. L'artiste a besoin d'avoir raison au moment qu'il pétrit sa création, le scientifique a besoin de douter, même quand il a prouvé. Ils investissent de la sorte l'inconnu, à partir du monde connaissable. Leurs rapports sont d'incertitudes concertées, de certitudes rêvées. « Ce qui existe, au-delà de l'apparence », tel pourrait être leur garant de rencontre, leur meilleur lieu commun.

Édouard Glissant, Traité du Tout-monde. Poétique IV, Paris, Gallimard, 1997, p. 218[1].

Préambule

Quel est la place du sonore dans les systèmes de savoir, s'il ne se lit pas, mais s'écoute ?

La question invite à déplacer notre attention des régimes de visibilité vers des modalités d'écoute, de résonance et de relation. Pourtant, une telle réorientation ne saurait s'appuyer uniquement sur une critique des hiérarchies sensorielles : elle exige une approche méthodique, capable d'articuler les conditions d'émergence du sonore au sein des pratiques artistiques comme des cadres scientifiques.

Dans cette perspective, la recherche-création apparaît comme un lieu d'élaboration singulier, où la rigueur de la pensée théorique coexiste avec l'intuition du geste. À l'instar de Jean-Claude Risset, qui sut maintenir une distinction nette entre la visée explicative des sciences et l'expressivité propre à l'invention musicale, tout en favorisant des circulations entre ces registres, il s'agit ici de reconnaître la spécificité des régimes de savoir engagés par la création sans renoncer à l'exigence de clarté, de documentation et de partage des processus.

Dès lors, écouter le monde ne signifie pas simplement substituer l'oreille à l'œil, mais interroger les conditions épistémologiques, techniques et sensibles à partir desquelles se construisent des formes audibles. La création ne peut être considérée comme un simple prolongement de l'écoute : elle en révèle les tensions, les structures implicites, et les engagements situés. Le

[1] Emprunté à l'introduction de l'article de TARQUINI Valentina, « Quelles perspectives pour l'Afrique-Monde ? Une étude relationnelle », *TRANS* , no 25, 2020, DOI: https://doi.org/10.4000/trans.3464 - et également à Jean-Claude Risset qui utilise cette citation de Glissant pour faire hommage à Max Mathews dans son « Portrait polychrome » n°11 Ina/GRM

geste célébré par l'écriture est celui d'une opération critique faite de négociations et de concessions, d'efforts à la fois d'objectivation et de subjectivation. Ce geste débouche entre les humanités, les disciplines de l'imagination et les arts du « vivant »[2].

Trajectoire personnelle

La trajectoire sonore, notion distincte de la simple direction spatiale, implique nécessairement un parcours temporel et spatial caractérisé par son tracé dynamique, soumis à des aléas et des contraintes variables. En musique, ce concept de trajectoire s'apparente essentiellement à un processus de réalisation dont la complexité découle d'une multiplicité d'interactions, de choix techniques et esthétiques, ainsi que d'une prise en compte permanente du contexte spatial et organologique dans lequel l'œuvre se développe.

Dans cette perspective, la navigation dans un « espace organologique » constitue une étape déterminante, impliquant la résolution de contraintes liées à l'instrumentation et à l'orchestration par la recherche active de solutions dans un espace de référence préalablement établi. L'espace organologique n'est pas simplement un cadre physique ou matériel, il s'agit aussi d'un champ d'exploration potentiel dans lequel les outils numériques contemporains jouent un rôle crucial. La combinaison entre l'instrumentation traditionnelle, les dispositifs électroniques et la lutherie numérique élargit ainsi considérablement le domaine des possibles en matière d'expression sonore et musicale.

Cette démarche s'inscrit dans une esthétique paradoxale et complémentaire, produit d'un brassage culturel et technologique devenu omniprésent depuis le début du XXe siècle. La généralisation des moyens technologiques a en effet conduit à une reconsidération profonde du champ musicologique, accentuant les porosités entre les genres musicaux et les disciplines artistiques. L'interpénétration des pratiques musicales devient ainsi une réalité naturelle, remettant en cause les frontières historiquement instituées par les normes techniques et esthétiques propres à chaque tradition musicale.

Mon propre parcours illustre clairement ces tensions. Mes premières compositions, segmentées selon différentes approches telles que la musique de théâtre, le jazz, le rock progressif, la musique électronique et électroacoustique, ou encore les installations sonores, répondaient initialement à des impératifs externes : attentes du public, cadres institutionnels ou influences paternelles de mentors rencontrés au fil des expériences. Cette segmentation, davantage sociale et institutionnelle qu'artistique, ne pouvait disparaître qu'avec une maturité progressive permettant une remise en cause fondamentale des catégories artificiellement imposées. La libération de ces contraintes fictives s'est faite lentement, entravée par des questionnements sur la légitimité à créer en dehors des marges sans autres guides apparents que l'intuition.

[2] *Ibid.* interprétation libre des disciplines qui étudient : « Ce qui existe, au-delà de l'apparence »

Le défi majeur dans cette trajectoire artistique a consisté à remettre en cause les codes sans nécessairement les maîtriser pleinement, afin de tracer une voie personnelle au-delà des tensions esthétiques, politiques ou générationnelles. Cette résolution est nécessairement éphémère, conditionnée par des variables fluctuantes selon les projets envisagés. L'essence de ma démarche réside ainsi à trouver « dans ou par » la richesse des moyens, une voie de traverse, pour avancer sans s'attarder outre mesure sur des prérequis normatifs, investissant pleinement les domaines visés, avec un minimum de certitudes initiales, mais une ouverture maximale aux expérimentations. La méthodologie inhérente ou suscitée aura le mérite d'avoir non pas délimité le périmètre de mon action — mais circonscrit les égarements trop francs.

La richesse des expériences accumulées m'a permis de dépasser des premiers a priori. L'espace de création sonore et spatiale que je développe dans mon projet doctoral repose précisément sur l'interconnexion entre spatialisation sonore, lutherie numérique et analyse des processus de réalisation. L'analyse comparative des espaces de production intuitifs et des espaces de perception subjectifs constitue le noyau dur de mes études. A partir de corpus variés issus de la musique électroacoustique et mixte, des performances improvisées en musique électronique, de lives audiovisuels, de cinéma pour l'oreille[3], ainsi que de projets d'installations plastiques sonores et visuelles.

À travers ce travail de recherche-création, mes créations et outils partagent leurs problématiques respectives au sein d'une tentative méthodologique unifiée. Mais la cohérence formelle n'est qu'une apparence, mon processus de création ayant en réalité besoin de divergence, de rupture et de contrainte forte pour tisser le réseau réflexif indispensable à sa vitalité. Il m'est impossible de concentrer ma pratique sur une discipline, elle débordera du cadre par vagues successives, sautant de proche en proche pour investir d'autres milieux. Ma pensée est régie par le mouvement, la dynamique, le déplacement permanent, une sorte d'esthétique de la cinétique[4] réflexive. Cette dynamique me donne l'illusion de pouvoir embrasser les problématiques pourtant extrêmement rigides de l'archive, ce que l'on conserve pour faire preuve d'authenticité, ce qui doit témoigner de l'acte passé. Cette propension à sauter d'un temps présent qui pourrait faire date à une histoire qui aurait dû faire date, me permet d'entrevoir la fabrique des références, archétypes et modèles de pouvoir. Ce goût pour l'histoire permet de pointer mes propres références à ce qui ne me semble par valorisé à sa juste valeur. C'est une approche biaisée par mon jugement personnel, mais ce sont les repères de mon expérience, les références auxquelles je reconnais un ancrage historique à mon travail de création.

---

[3] Notion chère à Robert Normandeau qui en fit son sujet de thèse en 1992, la première thèse de composition électroacoustique au Canada : NORMANDEAU, Robert. *Un cinéma pour l'oreille*. Thèse de doctorat, Université de Montréal, 1992.

[4] Cinétique spatiale est le terme utilisé par Jean-Claude Risset pour décrire le travail de son ami John Chowning, inventeur de la Synthèse par modulation de fréquence (FM) mais surtout en ce qui nous concerne, pionnier de la spatialisation sonore numérique, avec la modélisation de paramètres psychoacoustiques, toujours utilisés de nos jours dans les solutions avancées de synthèse spatiale.

Le XXe siècle est riche de découvertes et d'expérimentations qui n'auront pas trouvé justice pour que leur héritage soit valorisé en regard de leur contribution. En réalité, en matière de création contemporaine, même les plus illustres personnages ayant réussi à focaliser l'intérêt des politiques culturelles de leur vivant sont rapidement évincés de l'histoire. Le travail des musicologues est immense mais ne suscite l'intérêt que d'une communauté restreinte. C'est en partie pour cette raison que la charge historique doit reposer également sur les créateurs qui doivent avoir le souci aussi bien du sens que du devenir potentiel de leur création. Ils sont les premiers concernés pour participer à la documentation de leur travail mais également à la reconnaissance du travail de leurs pairs.

Cette situation met en lumière les limites de la méthode scientifique traditionnelle, qui s'avère souvent inopérante pour appréhender des démarches artistiques relevant d'une autre forme d'historicité, celle des affects esthétiques. La musicologie n'est pas exempte de ce questionnement. Son intense concentration sur la musique savante occidentale coïncidait avec la découverte mondiale de l'infinie richesse des traditions extra-européennes.

Une question demeure quant à la place accordée à l'expérimentation esthétique occidentale : représente-t-elle une innovation technique et artistique d'une importance telle qu'elle justifie la centralité qui lui a été donnée dans le champ musicologique ? Cette focalisation peut s'expliquer par l'effort historique de structuration de la recherche et de la création musicale en occident. Cependant, il convient de rappeler que les musiques extra-européennes, populaires ou non savantes, possèdent une richesse propre qui a contribué à ouvrir de nouveaux horizons sonores, suscitant un intérêt croissant de la part du public. Dans le même temps, l'industrie musicale a accompagné ces évolutions en imposant ses propres classifications. L'instauration de standards, de tubes et de styles a conduit à une segmentation du champ culturel occidental, dont l'empreinte demeure sensible dans les modes contemporains de réception de la musique. La persistance de cette fragmentation apparaît nettement à travers l'organisation des catalogues de plateformes comme Spotify ou Apple Music, où la catégorisation occupe une place centrale. Il semble enfin que la diffusion massive des productions issues de l'industrie culturelle laisse peu de place à la vulgarisation des savoirs musicaux, qui peine à concurrencer la logique de diffusion des œuvres les plus populaires. Si certains ponts ont pu être établis entre ces domaines, ils ne remettent pas en cause la prééminence des impératifs économiques dans la structuration du champ musical contemporain.

Ce qui nous amène sur le sujet spécifique de l'espace comme paramètre d'écriture au sein des dispositifs de spatialisation sonore. Cette question est résolue en réalité depuis le début des années 50, bien qu'elle continue de faire l'objet de recherches et de débats. Il est clair que l'espace est un paramètre dont on perçoit le manque si l'on soustrait la dimension spatiale à une œuvre qui l'avait pensée comme modalité d'expression. La notion de disposition est capitale car la spatialité repose sur cette modalité pour s'exprimer par répartition spatiale des sources sonores. Le dispositif est naturel ou tout du moins organique ou analogique. Le dispositif procède de la manipulation de paramètres changeants, plus ou moins adaptés à un cadre,

un lieu, une volonté figée dans une œuvre. L'électricité a décuplé les agencements par l'invention du *haut-parleur*, cet objet commun dont la dénomination devrait apparaître de nombreuses fois dans cet écrit.

Figure 1 : La marque Pathé-Marconi, plus connue sous son ancienne appellation « La Voix de son maître » est symbolisée depuis le début du siècle par le tableau du peintre Francis Barraud : un petit fox face au pavillon du gramophone.

L'industrie de l'enregistrement sonore, dès ses débuts, n'est qu'une exploitation commerciale des prouesses rendues possibles par le support du son. L'industrie du disque, puis du cinéma, et finalement les deux à la fois, incarnée par de grands consortiums multinationaux, vend des expériences qui, pour assurer leurs diffusions, se doivent d'établir et respecter des conventions et protocoles de reproductions fidèles à l'original[5]. Pourtant, les articulations sont telles que le petit chien à l'écoute du pavillon sera rapidement un sujet d'enregistrement, au même titre que tout patrimoine sonore. Le principe du disque de cire permet de reproduire, mais aussi de capter en renversant simplement le cornet, avec évidemment le matériel approprié. Ce type d'enregistrement ne permet qu'une seule prise, mais l'espace est déjà là figé dans les oscillations d'une translation mécanique de l'onde sonore (figure 1). Ce qui est proche semble plus fort que ce qui est lointain. Mais en réalité, c'est un ensemble complexe de paramètres qui joue sur la

[5] Pathé marconi : la voix de son maître

perception de la distance, couplant la distance au microphone, sa position dans la salle, l'acoustique de la salle avec ses réflexions primaires et secondaires, etc. La complexité de la propagation sonore et sa perception devront attendre des années avant d'être scientifiques. De manière empirique, les recherches de l'industrie de l'enregistrement sonore n'attendront pas la science pour se pencher sur ces caractéristiques. Les approches intuitives et empiriques donneront rapidement lieu à une large palette d'expressions pour l'art des sons, en parallèle à une formalisation théorique.

Chapitre 1 Épistémologie d'une pratique située : penser et créer avec le son et l'espace

1.1 La création musicale comme mode d'enquête

Ma démarche s'est toujours articulée autour d'une curiosité qui ne faisait aucune distinction entre la pratique artistique et l'investigation intellectuelle. Mon parcours est celui d'une recherche qui s'ignore, d'une quête de compréhension qui précède et informe toute tentative de formalisation académique. Ce travail est donc l'aboutissement d'un long cheminement, une tentative de mettre en mots une épistémologie qui s'est forgée dans l'acte même de créer. Il s'agit de situer les trajectoires réflexives qui traversent les espaces de ma propre pratique, de me réapproprier le « moi » et son « je » après les avoir méthodiquement déconstruits pour les besoins collectifs de la fabrique de la connaissance.

1.1.2 L'espace de l'entre-deux

Je me souviens d'une discussion informelle, probablement en 2002, avec le bassiste du groupe Monkomaroc, qui résumait ainsi leur positionnement singulier : « On joue rarement dans le circuit Jazz parce qu'on est trop rock, et on ne joue pas vraiment dans le circuit rock parce que l'on est perçu comme un groupe de jazz, alors on joue là où on veut bien de nous ». Cette anecdote, dont je ne retiens que la teneur du propos, résonne profondément avec ma propre trajectoire. Elle illustre un sentiment constant de naviguer dans des espaces liminaux : entre les genres musicaux, entre la pratique et la théorie, entre les catégories institutionnelles. Cet état d'extériorité, loin d'être une faiblesse, s'est avéré être le terreau de ce que je reconnais aujourd'hui comme une « disposition particulière à l'enquête ». Mon travail de recherche-création ne peut se situer que dans les anfractuosités, sur les bordures de champs trop balisés, là où les frontières deviennent poreuses et les dialogues possibles.

1.1.3 De la pratique à la recherche : une fausse dichotomie

Mes premières enquêtes de terrain, bien avant que je ne les nomme ainsi, se confondaient avec mes expériences scéniques. L'enquête était mêlée à la pratique : tenter de reproduire, échouer, bifurquer, contourner. Les gestes exploratoires du jeune musicien que j'étais procédaient de l'enquête méthodique, comprendre pour avancer, avec le souhait discret de faire aussi bien, si ce n'est mieux, en attendant d'être complètement différent. Mes premières expériences à l'Institut de Musique Électroacoustique de Bourges (IMEB) ont été fondatrices. J'y ai côtoyé les pionniers de la musique concrète, électronique et informatique. Ces figures, qui irriguent encore ma pensée vingt ans plus tard, étaient accessibles, et le dialogue s'engageait simplement. Je n'avais pas conscience que ma curiosité n'était pas si naturelle ; je ne recherchais pas au sens académique, je cherchais à comprendre.

Cette fusion originelle entre l'action et la réflexion est le socle de ma démarche. La tension centrale qui anime ce travail — la distinction, souvent conflictuelle, entre recherche et création — s'est cristallisée à ce moment-là. Pourquoi, pour certains, la recherche précède et informe la création ; pour d'autres, la création suscite la recherche ; pour d'autres encore, cette hiérarchie perd toute pertinence. Dans les faits, ces postures structurent réellement des schémas de pensée critique qui s'expriment dans les institutions.

1.1.4 Le choix d'une voix

Ce manuscrit est le fruit d'une décision méthodologique et épistémologique mûrement réfléchie. Après une première tentative de rédaction dans le style de la publication scientifique, avec la neutralité d'une distance attendue en science positiviste, je me suis retrouvé, cinquante pages plus tard, devant un texte appauvri par des concepts vidés de leur substance. Je me suis alors résolu à employer un ton plus direct, à la première personne. Ce choix constitue un engagement à avancer des concepts éprouvés personnellement dans la pratique artistique. Ce texte est tissé à partir de mes carnets de notes et croquis, une collection de « confettis réflexifs » accumulés au fil des ans. La forme même de ce récit est donc une mise en acte de l'épistémologie que je défends : une connaissance qui ne peut être que située, incarnée et subjective. Je décris donc une épistémologie de la pratique qui s'incarne dans l'acte même de l'écriture.

1.1.5 Énoncé de la thèse centrale

Mon travail de recherche-création vise à inscrire une démarche artistique personnelle dans le champ de références partagées d'un milieu, tout en rendant visible le savoir-faire d'une œuvre — sa manière de construire un monde par le son, l'espace et l'écriture. Il s'agit d'extraire une intelligibilité de ce processus sans le figer dans un protocole réducteur. J'entends démontrer que la valeur heuristique de l'œuvre est indissociable de la subjectivité qui l'anime et que composer peut devenir un acte spéculatif où l'œuvre est l'espace même du déploiement du raisonnement, et non sa simple illustration.

1.2 La recherche-création comme champ épistémologique

Cette partie a pour objectif de consolider les fondements théoriques et institutionnels qui définissent la recherche-création comme un mode de production de connaissance à part entière. En partant d'une perspective historique large pour aboutir aux défis spécifiques que j'ai rencontrés, je chercherai à montrer comment ce champ de pratique force une reconfiguration des cadres de pensée traditionnels.

1.2.1 Généalogies d'une pratique : de la technè à la recherche-création

La séparation que nous tenons souvent pour acquise entre le savoir-faire pratique (technè) et la science théorique (épistémè) est une construction historique de la modernité occidentale. Dans l'Antiquité grecque, la notion de technè englobait sans distinction nette les arts, l'artisanat et les sciences. Cette unité conceptuelle a perduré jusqu'à la Renaissance, incarnée par des figures

polymathes comme Léonard de Vinci. C'est à partir du XVIIe siècle, avec l'essor des sciences expérimentales fondées sur la rationalité et la recherche de reproductibilité, que la fracture s'est creusée et institutionnalisée. Le positivisme du XIXe siècle a parachevé cette séparation en instaurant une hiérarchie des savoirs qui plaçait les sciences au sommet, reléguant les pratiques artistiques au domaine de l'intuitif et du subjectif.

Le XXe siècle a cependant été le théâtre d'une remise en cause radicale de cette dichotomie. Les avant-gardes artistiques des années 1950-1960, comme Fluxus ou l'art conceptuel, ont joué un rôle déterminant en revendiquant la capacité de l'art à produire de la connaissance, plaçant le processus artistique au cœur d'une nouvelle intelligibilité du savoir. Un tournant conceptuel décisif a été l'article de Christopher Frayling, « Research in Art and Design ». Il y proposa une typologie fondatrice en distinguant la « recherche sur l'art » (démarche critique traditionnelle), la « recherche pour l'art » (développement de nouvelles techniques) et, de manière cruciale, la « recherche par l'art » (research through art)[6]. Cette dernière catégorie légitime la pratique artistique elle-même comme le mode d'investigation principal, où l'œuvre n'est plus un simple objet d'étude mais le lieu même où s'élaborent des questions et des modes de pensée situés.

Cette reconnaissance a été approfondie par des théoriciens comme Henk Borgdorff. Dans *The Conflict of the Faculties*, il analyse la recherche artistique comme un champ où l'académique et l'artistique sont intrinsèquement liés, introduisant un « troisième domaine épistémique » distinct des sciences et des humanités[7]. Ce domaine est caractérisé par des formes de connaissance non conceptuelles, incarnées et expérimentales. Borgdorff met en lumière le « conflit » structurel qui naît de la rencontre entre la logique de l'université, fondée sur la discursivité et l'objectivation, et celle de l'art, ancrée dans le singulier et le tacite. Loin de voir ce conflit comme un obstacle, il le considère comme un moteur pour le développement de nouvelles formes de savoir. La recherche-création n'est donc pas une simple hybridation, mais un champ de tension épistémologique qui force l'académie à s'ouvrir à des connaissances indissociables des pratiques artistiques.

1.2.2 Le défi aux cadres institutionnels

L'intégration de la recherche-création dans le paysage académique révèle des écarts avec les normes établies de la production scientifique. Les modalités de reconnaissance propres au champ artistique, centrées sur la singularité des démarches et l'inscription dans des réseaux de pratiques, ne correspondent pas toujours aux procédures académiques, qui reposent sur l'objectivation et la validation par les pairs. Le savoir issu de la pratique artistique, souvent situé, processuel et partiellement tacite, ne se laisse pas aisément évaluer selon des critères standardisés.

---

[6] FRAYLING, Christopher. « Research in Art and Design ». *Royal College of Art Research Papers*, vol. 1, no 1, 1993.

[7] BORGORDF, Henk. *The Conflict of the Faculties : Perspectives on Artistic Research and Academia*. Leiden : Leiden University Press, 2012. p. 297 https://doi.org/10.26530/OAPEN_595042.

Dans ce contexte, la question de la validation devient centrale. Le principe de reproductibilité, pilier des sciences expérimentales, se révèle peu pertinent face à des œuvres uniques. Les sciences humaines et sociales proposent d'autres voies : l'accent y est mis non sur la répétition du résultat, mais sur la traçabilité des démarches, leur intelligibilité et leur mise en discussion. La recherche-création s'inscrit dans cette logique : elle ne vise pas la duplication, mais la possibilité pour d'autres de comprendre, d'évaluer et de prolonger une démarche. Cette traçabilité méthodologique permet d'assurer la rigueur sans effacer la singularité de l'acte créateur.

Cependant, on constate encore que certaines propositions, pourtant novatrices et cohérentes sur le plan conceptuel, rencontrent des obstacles lors de leur évaluation. Les difficultés tiennent moins à leur pertinence qu'à leur mode d'énonciation, qui combine souvent réflexion esthétique, références philosophiques et inscription du geste artistique. Ces formes ne trouvent pas toujours leur place dans les champs scientifiques existants. On observe ainsi que l'ouverture institutionnelle à l'interdisciplinarité s'accompagne parfois de contraintes formelles, qui tendent à réduire la diversité des écritures possibles.

Ce constat ne traduit pas une opposition irréductible, mais souligne la nécessité de concevoir des cadres institutionnels capables de reconnaître et de soutenir cette pluralité d'approches. Plutôt que de chercher à uniformiser les méthodes, il s'agit de considérer ces différences comme une ressource pour la production de connaissance.

Une telle perspective conduit également à interroger les formats de publication. Les articles scientifiques classiques ne suffisent pas toujours à rendre compte de la spécificité des démarches de recherche-création. La publication peut alors être envisagée comme un processus d'exposition : un espace où documentation, outils, réflexions critiques et performances s'articulent avec l'écriture académique. Des formats alternatifs — portfolios critiques, dispositifs documentés, expositions — permettent de rendre visible un savoir en devenir, en restituant sa richesse sans le réduire à un résultat définitif.

1.2.3 Les temporalités non linéaires de la création

L'idéal d'une méthodologie linéaire, planifiée et progressive, largement promue dans les cadres scientifiques, est quelque peu inadapté au processus de création. Ma propre démarche opère selon des régimes de temps disjoints, que je qualifie d'« hétérochronie[8] » et de « récursivité ». La genèse de l'œuvre, sa documentation, son analyse et sa réactivation s'interpénètrent dans une « dynamique spiralaire » où chaque étape peut relancer la réflexion sur les autres.

Cette vision fait écho à la critique de Pierre Boulez sur les conceptions linéaires de la création. Pour lui, l'intuition première n'est qu'une « amorce » ; l'œuvre véritable n'advient que dans le travail de réalisation, dans l'« écart entre projet et réalisation » qui modifie, altère et enrichit

[8] FOUCAULT, Michel. « Des espaces autres ». Empan, 2004/2 no54, 2004. p.12-19. CAIRN.INFO, https://doi.org/10.3917/empa.054.0012

l'idée initiale[9]. Le processus est fondamentalement spéculatif et ouvert. Dans mon parcours, les moments les plus structurants ne sont pas apparus dans l'enchaînement planifié des étapes, mais dans les interstices, les détours, les bifurcations et les contournements. Une contrainte technique, un désaccord avec un partenaire, un temps d'arrêt forcé : ces moments, loin d'être des défauts de planification, se sont révélés être des révélateurs structurels de la nature même de la recherche-création. C'est à la faveur de ces imprévus que j'ai dû reformuler mes priorités, infléchir mon écriture et, finalement, transformer ma propre posture. Je suis passé d'une volonté démiurgique projetant des formes idéales, à une diplomatie engagée dans un dialogue attentif avec les matériaux, les contraintes et les situations. Ces écarts ne fragilisent pas la démarche ; ils permettent de reconnaître d'autres régimes d'intelligibilité, fondés sur des logiques obliques et des réorientations successives.

Les trajectoires de figures comme John Chowning ou Jean-Claude Risset illustrent ces tensions. Chowning, pour assurer le fonctionnement du CCRMA à Stanford, cède à Yamaha une licence d'exploitation de sa découverte de la synthèse FM. Une opération couronnée de succès[10] qui aura pour conséquence de considérablement réduire sa production artistique en augmentant ses tâches de direction administrative. Risset, brillant scientifique et musicien sensible, a constamment cherché à faire cohabiter rigueur scientifique et création. Une anecdote significative rapportée par Chowning lors de sa conférence au CMMR 2019, révèle que György Ligeti, bien qu'amide Risset[11], ne l'a reconnu comme compositeur que vingt ans après leur première rencontre, en 1993, après avoir entendu ses *Duos pour un pianiste*. Cette reconnaissance tardive illustre la difficulté persistante à faire admettre la légitimité artistique au sein de cercles où la posture scientifique prédomine.

Comme élément de preuve pour insister sur l'inadéquation d'une méthodologie linéaire dans les processus de création, toujours pour Risset, le chapitre 9 dédié au processus de création de ses pièces pour Disklavier présente quelques tortuosités procédurales s'étalant sur près de vingt ans. Je montrerai comment l'idée initiale de sa pièce *Plectre* (1995) sera disséquée et redistribué dans plusieurs œuvres, sous un angle différent — mais avec quasiment le même matériau.

1.3 Poétique et politique de la pratique compositionnelle

Cette partie se propose de plonger au cœur de ma pratique créative pour démontrer comment les concepts épistémologiques précédemment exposés s'incarnent dans des actes concrets. Il

[9] BOULEZ, Pierre. *Leçons de musique. Point de repère III.* Chapitre « De l'idée à l'œuvre ». Paris : Christian Bourgois. 2005 p. 71-138

[10] Retombées financières substantielles pour Stanford jusqu'en 1994 ; brevet US 4018121 (délivré en 1977 après un dépôt 1975), mentionné sur la page « l'histoire des sciences humaine et sociale de l'université de Standford » : https://humsci.stanford.edu/about/hs-history (consulté le 8 août 2025)

[11] Ligeti était en résidence à Stanford en 1972 alors que Risset encadrait des stages d'informatique.

s'agira de montrer que le geste de composer est indissociablement une poétique — une manière de faire monde — et une politique — une manière d'agir sur le monde.

1.3.1 Le dispositif comme matrice critique de la pensée et du pouvoir

Pour analyser ma pratique, j'emprunte à Michel Foucault le concept de « dispositif[12] ». Il le définit comme un « ensemble résolument hétérogène » liant des discours, des institutions, des techniques et des aménagements spatiaux dans un réseau de relations de pouvoir et de savoir. Dans mon travail, le dispositif — qu'il s'agisse d'un dôme de 32 haut-parleurs, d'une installation interactive ou d'un logiciel — constitue « l'environnement opératoire » de l'œuvre, une « matrice critique » qui codétermine sa forme, sa réception et sa signification.

Cette matrice a une dimension politique fondamentale. Le dispositif structure les conditions de perception et « l'agencement des corps dans l'espace ». Le choix d'un concert immersif, qui rassemble un public dans une écoute collective et rituelle, engage une socialité différente de celle d'une œuvre pour casque, qui instaure un rapport intime et individualisé. Ces choix organisent des modes de relation. Composer, dans cette perspective, c'est « sculpter un lieu, inventer un mode de relation entre auditeur, dispositif et matériau ». L'œuvre se pense depuis l'espace, à travers les choix, les contraintes et les corps engagés.

1.3.2 La technique comme pensée incarnée et individuation

Si le dispositif est la matrice, la technique en est le moteur incarné. Ma conception de la technique s'inscrit dans la perspective de Gilbert Simondon, pour qui l'objet technique relève d'un processus d'« individuation[13] ». L'objet technique est le partenaire d'un processus de coévolution où l'outil, le geste, le contexte et la subjectivité se transforment mutuellement.

Le développement de mon logiciel, Sound Trajectory, est un cas d'étude privilégié de ce processus. Cet outil a émergé de mes besoins de composition et, en retour, a profondément transformé ma manière de penser l'espace, le mouvement et l'écriture. Chaque nouvelle fonction, chaque modification de l'interface est le résultat d'un dialogue constant entre une intuition esthétique et une contrainte matérielle. Le logiciel est un partenaire qui déplace, oriente et amplifie l'idée initiale. C'est une incarnation de la posture du « diplomate » : je ne commande pas l'outil, je négocie avec lui dans un processus de découverte mutuelle.

Le « geste technique » lui-même fonctionne comme une « hypothèse incarnée ». Il est une manière de modéliser un problème ou une idée sans passer d'abord par le langage verbal. C'est une « pensée en acte », un savoir tacite et expérientiel qui se construit dans une relation intime avec la matière.

---

[12] FOUCAULT, Michel. *Dits et écrits, 1954-1988*. Vol. III, 1976-1979. Édité par Daniel Defert et François Ewald. Paris : Gallimard, coll. « Bibliothèque des sciences humaines », 1994, p. 299.

[13] SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques.* Paris : Aubier, 1989.

1.3.3 Une cartographie des pratiques contemporaines

Dans mes pratiques, comme dans de nombreuses musiques électroacoustiques et immersives, l'espace est un « paramètre premier » de la composition, un « vecteur expressif » à part entière. Pour situer ma propre démarche, il est nécessaire de cartographier ce champ hétérogène de la spatialisation sonore, qui se construit à l'intersection de préoccupations techniques, industrielles, perceptives et esthétiques.

Je propose de l'organiser en cinq « espaces » analytiques distincts, chacun avec ses propres finalités et régimes de légitimité, présentés dans le tableau n°1 suivant :

Espace	Finalité dominante	Légitimité principale	Types d'acteurs
Physique acoustique	Modéliser et mesurer les ondes	Validation instrumentale	Acousticiens, ingénieurs
Perceptif-cognitif	Évaluer localisation, charge attentionnelle	Protocoles psychoacoustiques	Neuroscientifiques, UX designers
Techno-instrumental	Normaliser, diffuser, coder	Standardisation industrielle	Fabricants, développeurs
Esthétique compositionnelle	Explorer la dramaturgie de l'espace	Poïétique et réception critique	Compositeurs, artistes sonores
Socio Symbolique	Inscrire la spatialité dans des usages et valeurs	Analyse culturelle	Sociologues, publics

Tableau 1 : approche personnelle de la spatialisation sonore à l'intersection de cinq espaces critiques. Source : Maxence Mercier (2025).

Cette grille ne vise pas à hiérarchiser, mais à expliciter les tensions et les zones de recoupements. Dans ce panorama, ma pratique compositionnelle opère de manière transversale, comme une « zone d'échange » et un « laboratoire critique ». Ma création a une fonction :

- Exploratoire : elle expérimente des gestes spatiaux non anticipés par les standards.
- Médiatrice : elle traduit des contraintes techniques en objets esthétiques recevables.
- Documentaire : elle archive des processus pour alimenter une mémoire intersubjective.

Mon travail révèle ainsi les écarts entre la promesse technique des outils et la réalité de l'expérience vécue, mettant en dialogue, en contraste ou en question les différents régimes de savoir qui coexistent dans le champ de la spatialisation sonore.

1.4 La composition comme acte de soin

Cette dernière partie théorique vise à articuler les enjeux éthiques et politiques de ma démarche. Je conçois la composition comme une réponse engagée aux crises contemporaines, une pratique que je qualifie de « pharmacologique », c'est-à-dire un acte de soin[14].

[14] STIEGLER, Bernard. *Qu'appelle-t-on panser ? L'immense régression*. Paris : Les Liens qui libèrent, 2018.

1.4.1 La technique comme pharmakon : entre formalisation et toxicité

Mon engagement avec la technologie est éclairé par le concept de pharmakon[15] de Bernard Stiegler : toute technique est ambivalente, à la fois remède et poison[16]. Pour nuancer cette position, je la mets en regard de celle, plus méthodologique, de Bruno Bachimont, pour qui la technique est avant tout un processus de « formalisation » qui stabilise et transmet le savoir[17].

Le tableau 2 compare ces deux approches critiques de la technique :

Critères	La technique comme formalisation (B. Bachimont)	La technique comme Pharmakon (B. Stiegler)
Conception de la technique	Condition de possibilité et de stabilisation du savoir	Processus d'exosomatisation ambivalent (remède et poison)
Effet principal	Stabilisation, reproductibilité, transmission	Remède (extension de la pensée) et Poison (dénoétisation, perte de savoir)
Posture critique	Vigilance méthodologique, nuance, rationalité	Dénonciation, politisation, lutte
Finalité	Maintenir un dialogue rationnel entre science, technique et culture	Inventer de nouvelles pratiques (culturelles, artistiques) pour produire de la néguentropie

Tableau 2 : Approches critiques de la technique : comparaison entre la formalisation selon B. Bachimont et le pharmakon selon B. Stiegler. Source : Maxence Mercier (2025).

Je situe clairement ma démarche dans le sillage de Stiegler. Je partage son diagnostic d'une « toxicité perceptive » et d'une « dénoétisation » (perte de la capacité à penser) induites par certains dispositifs industriels contemporains. Mon travail de compositeur choisit d'habiter cette lutte par l'acte de création lui-même. Je conçois mes œuvres comme des « contre-dispositifs », des formes de soin qui cherchent à produire de la « néguentropie » symbolique face à l'entropie généralisée des systèmes attentionnels.

1.4.2 Une écologie de l'attention à l'ère de la prolétarisation sensorielle

Si la technologie contemporaine peut conduire à une « prolétarisation des sensibilités », comme l'affirme Stiegler, alors la composition musicale peut être pensée comme une pratique visant à restaurer « des conditions d'écoute fines et situées ». Mes projets ne cherchent pas seulement à utiliser la technologie, mais à en reconfigurer les usages pour ouvrir des espaces de soin, d'écoute, d'individuation.

[15] Le concept est toutefois bien antérieur à Stiegler : il s'inscrit dans la lignée de Derrida, qui en propose une relecture dans La pharmacie de Platon, reprise dans La dissémination (Éditions du Seuil, 1972), puis prolongée, plus récemment, par la traduction du Phèdre de Platon par Luc Brisson (éd. de poche GF).

[16] STIEGLER, Bernard. *La technique et le temps. La faute d'Épiméthée*. Paris : Galilée, 1998.

[17] BACHIMONT, Bruno. « IA générative, nouvel outil ou nouvel acteur ? Quelques remarques sur la créativité du vivant et de la machine », conférence, Séminaire international de sémiotique, 2025. Disponible à l'adresse : https://youtu.be/FzStV-nNUAM?si=SfJum4I3FB2t7N8j (consulté le 27 juillet 2025).

Cette démarche trouve un cadre théorique dans la théorie de l'information et perception esthétique d'Abraham Moles[18]. Mes compositions spatialisées peuvent être lues comme des systèmes qui modulent l'information (la redondance et l'entropie des signaux) pour réengager l'activité perceptive de l'auditeur. La notion de « micro-esthétique » de Moles est également centrale dans des dispositifs comme le « parapluie immersif », conçu pour un usage en contexte de soin. L'écoute de micro-événements sonores y agit comme une forme de « rééducation attentionnelle ».

Cette réhabilitation de l'attention rejoint les travaux de Bernie Krause sur l'écologie sonore. Krause montre comment l'écoute des environnements naturels développe une sensibilité écosystémique[19]. Mon utilisation de sons de cétacés dans des œuvres comme Beyond Sea Skin vise à provoquer un « décentrement perceptif », à créer un espace d'écoute ambigu qui transforme nos habitudes et nous rend sensibles à la richesse du monde sonore. Ma pratique se définit ainsi comme une écologie de l'attention.

1.4.3 Réenchanter le monde : les enjeux politiques d'une critique incarnée

Ma « poétique de la spatialisation » est une réponse directe à ce que Bernard Stiegler a théorisé comme une « perte du désir de monde », une incapacité collective à construire un avenir habitable. Mes œuvres immersives tentent de créer des situations de « réenchantement » en mobilisant les puissances affectives du sonore pour stimuler à nouveau ce désir.

Cette démarche a une dimension politique que je relie à l'appel de Bruno Latour, dans Face à Gaïa, à repenser nos attachements à la Terre à travers des pratiques situées et sensibles[20]. Mes dispositifs fonctionnent comme des « médiations perceptives », créant des milieux d'écoute où peut s'exercer une « diplomatie des affects » face aux altérations des écosystèmes.

Enfin, cette pratique entre en résonance avec le concept de « solastalgie » de Glenn Albrecht, qui désigne la détresse liée à la perte d'un environnement familier[21]. Mes environnements sonores peuvent être pensés comme des lieux de « réparation symbolique ». En mettant en partage des mémoires écologiques fragiles, ils donnent forme à une écoute relationnelle et affective. Écrire l'espace, c'est donc s'engager dans une pratique qui, en prenant soin de l'écoute, tente de prendre soin du monde.

---

[18] MOLES, Abraham. *Théorie de l'information et perception esthétique*. Paris : Denoël, 1972, 328 p.

[19] KRAUSE, Bernie. *The Great Animal Orchestra : Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Boston : Little, Brown and Company, 2012.

[20] LATOUR, Bruno. (2015). « Face à Gaïa. Huit conférences sur le Nouveau Régime Climatique ». Paris : La Découverte. doi:10.3917/dec.latou.2023.01

[21] ALBRECHT, Glenn (2019). *Earth Emotions : New Words for a New World*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

1.5 Conclusion : Vers une poétique de l'individuation

Au terme de ce parcours, l'épistémologie de ma démarche se dessine comme une pratique critique et dynamique qui lie de manière indissociable la création artistique et la production de savoir. Faire œuvre, dans cette perspective, c'est produire une pensée modelée dans le geste et les dispositifs, une pensée critique capable de révéler les structures implicites des outils et des institutions, et un engagement qui assume sa responsabilité face aux enjeux contemporains.

Cette démarche trouve son aboutissement dans la notion d'« individuation », telle que développée par Gilbert Simondon[22] et mobilisée par Bruno Bachimont pour penser l'acte créateur[23]. La création est une « réponse singulière à une situation singulière », un processus qui, même s'il s'appuie sur des outils automatisés, ne peut émerger d'une généralisation algorithmique. La poétique qui se dégage de ma pratique de compositeur-chercheur est bien une poétique de l'individuation.

Elle se construit dans un aller-retour constant entre la création et la recherche, où le geste artistique précède et nourrit l'élaboration théorique. Elle s'ancre dans une épistémologie où la connaissance émerge du processus. Elle se déploie à travers des dispositifs qui sont à la fois des matrices de pensée et des espaces d'expérimentation. Et elle assume une finalité pharmacologique, où composer devient un acte de soin, une manière de cultiver l'attention et retisser des liens sensibles avec le monde.

La recherche-création ouvre ainsi de nouvelles conditions d'émergence de la pensée, en valorisant des modes de connaissance comme l'intuition, l'instabilité, la résonance et la matérialité. L'œuvre, le geste, le dispositif et le commentaire s'y articulent en un tout dynamique. C'est en assumant cette complexité que le créateur peut affirmer la valeur d'un savoir unique, vital et irréductible : un « rapport vivant à ce qui est encore à venir ».

Cependant, l'individuation ne peut être pensée uniquement comme un processus isolé, strictement immanent à un sujet créateur. Elle implique toujours un milieu, un environnement technique, symbolique et social, qui la conditionne, la contraint, mais aussi la rend possible. Si l'acte de créer est bien une mise en forme singulière, il ne se produit jamais dans un vide : il résulte d'une tension entre l'intériorité du geste et l'extériorité des structures, entre ce qui vient du dehors (les outils, les langages, les normes) et ce qui s'invente au-dedans. C'est en ce sens que l'individuation est toujours partielle, inachevée, et appelée à s'ouvrir vers des formes de transindividuation. En cela, l'œuvre ne témoigne pas seulement d'un sujet qui se constitue par la création, mais aussi d'une capacité à inscrire cette individuation dans un tissu relationnel, où les gestes, les savoirs et les affects deviennent partageables, transmissibles, transformables.

[22] SIMONDON Gilbert, « L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information » [1964], Grenoble, Millon, 2013

[23] BACHIMONT, op. cit

Créer, dès lors, consiste à la fois à se différencier et participer, dans un mouvement dialectique qui lie l'unicité du geste, à la construction de milieux collectifs de pensée.

PARTIE 1 : ETAT DE L’ART

Chapitre 2 Florilège de divergences spatiales

Une cartographie critique des pratiques et des discours de 1945 à 2000

Plutôt que de poursuivre un panorama exhaustif de la spatialisation sonore à travers les auteurs représentatifs du domaine, j'aborde ici les apports de quelques compositeurs emblématiques présentés selon une logique de couplages critiques. Nous verrons pourquoi il est impossible de dresser un réel état de l'art. L'évolution des questions artistiques et esthétiques n'est pas nécessairement dictée par les avancées de la technique. Aucune théorie n'est suffisamment stabilisée pour supporter l'économie à ne pas faire une plongée historique dans le vertige des archives, et de revenir à la source des idées qui ont façonné la perception de l'espace sonore dans l'écriture musicale. Un dialogue avec le passé est encore nécessaire pour éclairer les filiations d'un présent de la recherche-création sur la spatialisation sonore qui en est à ses balbutiements, depuis près de 25 000 ans…

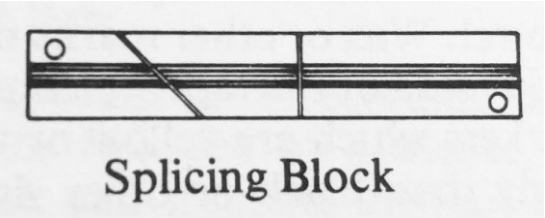


Figure 2 : guide pour couper la bande sur un magnétophone, avec la lame de rasoir. C'est un outil de base du montage audio analogique[24] , source : David Keane,1980 p. 37

Néanmoins par une coupe volontaire (figure 2) nous ferons ici l'impasse sur une bonne partie de cette histoire que nous avons déjà abordée dans l'article *les invariants de l'espace sonore*[25]. Le XXe surtout dans sa seconde moitié, concentre un élan créatif important, marqué par des contributions souvent opposées sur les questions d'écriture, d'interprétation, de diffusion et de production, couvrant presque toutes les dimensions processuelles de la composition musicale. Comme le souligne Thibaut Carpentier[26], chaque compositeur ou chercheur propose une approche singulière, un lexique et des démonstrations spécifiques, rendant difficile toute tentative de synthèse univoque. L'ampleur et la diversité de ce corpus théorique, dont la richesse ne cesse de s'étendre, ne permettent pas d'exposer ici un examen systématique de chaque position. Une telle entreprise risquerait, de surcroît, d'occulter l'élaboration de mes propres considérations, inscrites dans la pratique d'une recherche-création située. Néanmoins, afin de fournir les

[24] KEANE David, *Tape music composition*, ed. Oxford university press, 1980, 148 p.

[25] MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. « Les invariants variables de l'espace sonore », dans *Pour d'autres espèces d'espaces : penser, produire, pratiquer l'espace en arts numériques*, sous la direction de Claire Chatelet, Paris, Hermann, 2025.

[26] Thibaut Carpentier est depuis 2009, le responsable du développement du Spat, la pierre angulaire de la spatialisation sonore en informatique musicale à l'IRCAM. CARPENTIER, Thibaut. « Orchestrating a software ecosystem for the creation, manipulation, and distribution of spatial audio ». Thèse de doctorat, Sorbonne université, 2024. https://theses.fr/2024SORUS632.

repères contextuels et historiques qui fondent la réflexion menée dans ce travail, ce chapitre propose un parcours parmi les figures dont les positions, débats et polémiques ont particulièrement influencé mon approche de l'écriture de l'espace.

Ce choix méthodologique conduit à privilégier les confrontations, plutôt qu'un survol descriptif ou encyclopédique. J'ai donc retenu une série de portraits antagonistes dont les oppositions ont structuré l'histoire des pratiques et des discours en musique contemporaine et électroacoustique depuis les années 1950. Ce sont précisément leurs contradictions, prises de positions critiques, et parfois leurs polémiques qui irriguent encore la perception de leurs esthétiques respectives — et qui, par leurs différences, continuent de façonner ma propre sensibilité à leurs répertoires.

Pour la plupart de ces figures, il serait superflu d'ajouter une nouvelle monographie : leur œuvre a déjà suscité une abondante littérature. Toutefois, il m'apparaît impossible d'interroger la spatialisation sonore sans revisiter les termes mêmes de leurs oppositions — car ce sont elles qui révèlent les enjeux esthétiques, politiques, techniques et institutionnels qui traversent la création contemporaine.

Ce chapitre s'ouvre ainsi sur la figure de Henry Brant, compositeur dont l'apport pionnier n'a que très partiellement été reconnu en Europe, alors même que ses expériences anticipaient de nombreuses explorations ultérieures. Il se poursuit par un examen du trio Stockhausen — Xenakis — Boulez, dont l'influence et les limites apparaissent dans leur dialogue (ou absence de dialogue) avec les recherches de Pierre Schaeffer, et par la suite, dans la distance maintenue vis-à-vis de l'esthétique acousmatique. J'aborde également la polarité entre Pierre Schaeffer et R. Murray Schafer, deux homonymes contrastés quant à la relation à l'espace et à l'écoute, ainsi que le cas de Jean-Claude Risset comme figure de l'interdiscipline entre synthèse, perception et spatialisation.

Enfin, chaque section développe, selon ce principe, une analyse critique :

- Henry Brant et la réception européenne
- Stockhausen, Xenakis, Boulez : dialogues et tensions autour de l'espace
- Pierre Schaeffer et R. Murray Schafer : entre objet sonore et paysage sonore
- Les prolongements critiques : Risset, Clozier, Bayle, Van de Gorne, Normandeau, Dufour et Prajet.

Ce choix permet d'appréhender la richesse de débats qui n'ont pas nécessairement eu lieu de manière frontale, mais qui ont existé sous forme de discussions plus ou moins informelles, portées par des milieux interposés, et inscrites davantage dans des distances esthétiques que dans une véritable critique nuancée. Réexposer ici ces querelles stratégiques — qu'il s'agisse d'effets de chapelle, nourris à la fois de justifications esthétiques, politiques, et de jeux d'égo — permet de comprendre que la spatialisation sonore constitue une pratique constamment traversée par des oppositions esthétiques, institutionnelles et technologiques. Ce chapitre vise à situer mon propre positionnement au sein de ces héritages contrariés, afin de saisir en quoi leur potentiel critique semble aujourd'hui en partie dépassé, tout en réaffirmant la richesse et la

complexité des connaissances qui ont été générées, et qui demeurent à explorer et prolonger par la pratique.

2.1 Les pionniers du 20e siècle

Dans les années 1920, alors que le son fait son apparition au cinéma, le réalisateur Abel Gance imagine un son spatialisé pour accompagner son film Napoléon. Il dépose avec son ingénieur un brevet en 1929 pour protéger leurs ambitions de son tridimensionnel dans les salles de cinéma[27]. Ce principe, resté confidentiel, fut rapidement supplanté en 1940 par le Fantasound de Disney, récompensé par un Oscar technique pour la réalisation de Fantasia. Bien que ce système extrêmement coûteux ne fut pas réitéré, il influença les développements futurs du Dolby Surround près de quarante ans plus tard.

2.1.1 Abel Gance

Abel Gance, pionnier du cinéma muet, à inventé et créé les outils nécessaires à la matérialisation de ses ambitions. Il introduit dans *Napoléon* (1927) des innovations sonores et techniques qui anticipent le langage audiovisuel contemporain. D'abord, dès 1932, Gance dépose avec André Debrie un brevet pour la Perspective sonore[28], un système stéréophonique répartissant les signaux sonores sur un réseau de haut-parleurs dans la salle, ce qui dépasse la simple restitution musicale pour créer une dramaturgie acoustique spatialisée. Cette architecture sonore est la préfiguration d'une diffusion immersive, où le son participe activement à la narration, non plus relégué à l'arrière-plan.

Dans un long article sur les techniques mises en oeuvre dans ce film, Jean-Jacques Meusy[29], relève ces phrases prophétiques de Gance dans sa demande de brevet en 1929 :

> Conformément à la présente invention, au lieu d'un seul enregistrement sonore, on en utilise plusieurs pour la représentation. Ces divers enregistrements sonores permettent de réaliser toutes sortes de combinaisons. Ils peuvent être identiques les uns aux autres et se dérouler simultanément ce qui renforcera simplement, d'une manière temporaire, les sons produits. Ils peuvent être identiques et décalés les uns par rapport aux autres, de sorte que le spectateur pourra à la fois entendre des bruits, des musiques, des voix venues de différents points de l'espace, ou même de lieux extrêmement éloignés, tels qu'en réalité il ne pourrait les percevoir ensemble, ce qui lui procurera une sensation extraordinaire d'ubiquité et d'élargissement de la perception. Bien entendu un ou plusieurs de ces enregistrements sonores pourront être discontinus de sorte qu'ils interviennent à certains moments, ce qui ajoute encore à la représentation une nouvelle

[27] Le brevet n° 750681 Perspective sonore à haut-parleurs multiples est délivré le 10 mai 1932

[28] Une copie du brevet d'Abel Gance et André Debrie est disponible en annexe à titre de preuve d'antériorité de la spatialisation sonore, à défendre au titre de l'exception culturelle française en matière de spatialisation sonore, ce qui a également le mérite de mettre en évidence que l'idée du son surround dans un contexte de "spectacle", si l'on peut considérer le cinéma de 1933 ainsi, est un vieux serpent de mer.

[29] MEUSY, Jean-Jacques, « La Polyvision, espoir oublié d'un cinéma nouveau », *1895,* no 31, 2000, https://doi.org/10.4000/1895.68

> cause de variété. […] La multiplicité des enregistrements sonores peut évidemment être employée en combinaison avec la représentation visuelle d'un film unique. Cependant, le maximum d'effet sera obtenu en le combinant à la multiplicité des projections visuelles, telle que l'inventeur, par exemple, l'a pratiquée en faisant accompagner l'image centrale, produite par un film visuel normal, d'images d'encadrement prolongeant temporairement l'image centrale ou l'accompagnant selon les exigences du scénario. Chacune des séries d'images pourra être accompagnée des bruits qui lui sont propres, sans que cependant cela soit indispensable, le procédé conforme à la présente invention présentant une souplesse pour ainsi dire infinie.

En 1934, dans la version sonorisée du film (*Napoléon vu et entendu*), cette Perspective sonore est appliquée au film, faisant de Gance un des premiers à concevoir une structure acoustique multicanal articulée autour d'une distribution spatiale des sources. Ce système, ancêtre de la stéréophonie, privilégie un déplacement directionnel du son (dramaturgie sonore) plutôt qu'un réalisme reproduit.

Techniquement, Gance a également testé la Polyvision dès 1927 : triple projection panoramique (trois caméras et trois projecteurs synchronisés) pour la séquence finale, élargissant le champ visuel et sonore. Cette stratégie visuelle s'accompagne d'un médium sonore réparti, anticipant, de fait, des continuums audiovisuels holistiques, bien avant les formats widescreen comme le Cinerama.

Ces innovations s'inscrivent dans une tentative de fusion entre forme visuelle et acoustique, où le son devient paramètre narratif. Gance dissocie nettement les sources sonores selon leur provenance dans l'espace scénique — devant, côtés, fond de salle — et module leur intensité en fonction de l'action. Cette spatialisation ouvre un espace polyphonique, en résonance avec les pratiques de l'informatique musicale et la composition spatialisée audio, anticipant la création de paysages sonores immersifs.

En réévaluant aujourd'hui ces dispositifs techniques à travers la restauration récente (2008–2022) menée par la Cinémathèque française sous la direction de Georges Mourier[30], on comprend mieux la dimension innovante de Gance : non pas simplement un décor sonore, mais une véritable orchestration spatiale du son, associée étroitement à la dramaturgie visuelle.

2.1.2 Fantasound

Le système *Fantasound*, développé conjointement par les ingénieurs de RCA et les studios Disney pour le film *Fantasia* (1940), constitue une étape fondatrice dans l'histoire de la spatialisation sonore au cinéma. Il repose sur une approche expérimentale du son multicanal, fondée sur l'enregistrement et la diffusion de la musique orchestrale selon des principes nouveaux pour l'époque. Le dispositif prévoit l'enregistrement séparé de plusieurs groupes instrumentaux à l'aide d'un réseau de microphones dédiés, répartis selon des zones de l'orchestre (gauche, centre, droite, arrière-plan), puis mixés en trois pistes principales. Une quatrième piste, dite de

[30] Restauration présentée à Cannes en 2024 : MANDELBAUM, Jacques. « A Cannes Classics, le "Napoléon" d'Abel Gance ressuscité après quinze ans d'efforts minutieux », Le Monde, 14 mai 2024.

contrôle, contient des signaux qui pilotent automatiquement les déplacements du son dans l'espace de projection, via un système électromécanique nommé *pan-pot* ou *panoramic potentiometer*. Ces signaux actionnent le mouvement latéral du son, simulant ainsi le déplacement d'un instrument ou d'un motif musical à travers la scène.

Ce contrôle automatisé permet une spatialisation dynamique, anticipant l'écriture acousmatique ou l'électroacoustique spatiale bien plus tardive. À cela s'ajoute un système de régulation de la dynamique, le *Togad*, qui ajuste en temps réel le volume sonore selon les besoins expressifs, en fonction des niveaux de la musique enregistrée. L'ensemble du dispositif repose sur une logique de composition et de postproduction étroitement liées, dans laquelle les choix de spatialisation et de dynamique font partie intégrante de la mise en forme musicale. Le mixage, réalisé dans une perspective narrative et immersive, cherche à prolonger les intentions expressives de la musique de Stokowski, en coordination étroite avec l'animation. Les salles équipées pour *Fantasia* étaient dotées de multiples haut-parleurs, positionnés devant, sur les côtés et parfois à l'arrière, permettant une immersion du spectateur dans un espace sonore enveloppant.

L'architecture technique de *Fantasound* anticipe certaines pratiques contemporaines de la spatialisation en informatique musicale, notamment la gestion temps réel de la trajectoire sonore, l'automatisation du mixage et la diffusion multicanale. Cette expérimentation place ainsi la dimension spatiale du son non plus comme une simple propriété de restitution, mais comme un paramètre compositionnel à part entière. Le système, bien que rapidement abandonné pour des raisons économiques et logistiques, a ouvert une voie théorique et technologique dont hériteront les pratiques de la musique électroacoustique, du cinéma immersif et de la création sonore assistée par ordinateur.

2.1.3 La mise en espace des sons concrets et électroniques

Il faudra néanmoins attendre quelques années avant d'entendre des créations sonores tirant parti des possibilités de montage du support. Si l'attaque des Martiens d'Orson Welles avec la Guerre des mondes (1938) esquisse la puissance évocatrice du montage et si Oskar Fischinger dès 1931 expose les possibilités plastiques de la synthèse sonore, il faudra réellement attendre l'avènement de la musique concrète de Pierre Schaeffer pour esquisser les prémisses d'un art sur support de fixation sonore, qui va se répandre à travers le monde, avec le développement des studios créations radiophoniques et universitaires à travers le monde. Néanmoins, Philippe Langlois (2012) insiste bien sur l'idée que les innovations en électroacoustique précèdent Schaeffer et trouvent réellement leurs racines dans le cinéma, avec un usage esthétique et plastique de la bande optique[31]. L'auteur montre qu'elle a favorisé des pratiques de traitement sonore (montage, synthèse) liées à la musique concrète, en dépit de l'histoire dominante de la

[31] LANGLOIS, Philippe. *Les Cloches d'Atlantis. Musique électroacoustique et cinéma. Archéologie et histoire d'un art sonore*, Paris, Éditions MF, « Répercussions », 2012, 487 p.

musicologie qui la situe comme une invention de Schaeffer. C'était en réalité un secret de polichinelle dans les cercles de compositeurs de la musique électroacoustique, le lien avec la création au cinéma et l'animation étant dans le périmètre d'action de l'ORTF.

En 1951, l'arrivée des premiers magnétophones constitue un moment important pour le développement de la musique concrète. Jacques Poullin, ingénieur du son, met au point différents types d'enregistreurs qui permettent d'expérimenter de nouveaux effets musicaux et de concevoir un dispositif de spatialisation. Ce dernier vise à répartir la diffusion des sons sur plusieurs haut-parleurs, répartis dans l'espace d'une salle de concert. Le premier concert public intégrant ce principe de diffusion spatiale est présenté la même année au théâtre de l'Empire à Paris. Pierre Henry utilise alors un dispositif dénommé « pupitre potentiométrique de relief à quatre canaux », conçu par Poullin et Schaeffer, qui permet à l'opérateur de contrôler la trajectoire du son dans l'espace de la salle, en modulant la balance entre différents haut-parleurs.

2.2 Henry Brant et l'Europe

2.2.1 L'émergence de la musique spatiale au XXe siècle

L'écriture spatiale — c'est-à-dire la composition musicale qui exploite délibérément la localisation et le déplacement des sources sonores — s'impose graduellement comme une dimension essentielle de la création musicale au milieu du XXe siècle, des deux côtés de l'Atlantique. Si l'idée de disperser des groupes instrumentaux dans l'espace n'est pas nouvelle (des psaumes polychoraux de la Renaissance aux cuivres antiphonaux de Berlioz), ce siècle voit apparaître une conscience esthétique inédite de l'espace en musique. Des compositeurs américains comme Charles Ives et Henry Brant explorent très tôt cette voie[32] , bientôt suivis — indépendamment — par des figures européennes telles que Pierre Boulez, Karlheinz Stockhausen et Iannis Xenakis. Pourtant, malgré des préoccupations spatiales convergentes, les échanges directs entre Brant et ces compositeurs européens semblent ténus, voire inexistants. Les rares traces de relations, de correspondances, de critiques ou d'invitations interrogent sur l'absence d'échanges explicites entre Brant et ses homologues européens, et sur les raisons possibles de ce silence : géographiques, idéologiques et esthétiques.

2.2.2 Traversées transatlantiques et influences croisées

Henry Brant (1913-2008), né au Canada et actif principalement aux États-Unis, peut-être considéré comme le pionnier de la « musique spatiale orchestrale » américaine, en investissant ré-

[32] ANDERSON, Virginia. « Henry Brant: Experimental composer who scored for instruments ranging from massed trombones to kitchenware. » *The Independent*, 9 mai 2008. https://www.independent.co.uk/news/obituaries/henry-brant-experimental-composer-who-scored-for-instruments-ranging-from-massed-trombones-to-kitchenware-819669.html (consulté le 16 juillet 2025).

ellement dans une esthétique de l'écriture spatiale. Dès le début des années 1950, Brant s'inspire de Charles Ives, en particulier de sa composition « The Unanswered Question[33] » , qu'il dirigera lui-même en tant que chef d'orchestre[34]. Dans cette pièce, Ive demande à ce que les cordes jouent en dehors de la scène à distance des flûtes et trompettes, afin de pouvoir percevoir le dialogue spatial entre les groupes instrumentaux. Cet élément devient un paramètre clé dans les compositions de Brant. Il qualifie l'espace de « quatrième dimension » de la musique, aux côtés de la hauteur, du rythme (temps) et du timbre[35]. En 1953, il compose *Antiphony I* pour cinq orchestres séparés dans une salle, première œuvre américaine non théâtrale entièrement fondée sur la projection spatiale des sons. Simultanément, en Europe, Boulez, Stockhausen et Xenakis abordent l'espace selon des perspectives diverses : Boulez ne la considère pas encore comme un paramètre, l'espace étant pour lui une dimension dérivée de l'organisation interne du matériau sonore (Boulez 1963) et en fera néanmoins un enjeu concret dans des œuvres comme *Rituel* (1975) ou *Répons* (1981-84). Stockhausen compose Gruppen (1955-57) pour trois orchestres entourant le public, et il en théorise les principes dans sa conférence Musik im Raum (1958)[36]. Xenakis conçoit des dispositifs spatiaux immersifs, plaçant les musiciens au milieu ou autour des auditeurs (*Terretektorh*, 1965-66 ; *Nomos Gamma*, 1967-68).

Les circulations transatlantiques d'idées musicales dans les années 1950-60 restent inégales. Certes, des figures comme Edgard Varèse — pionnier franco-américain de la spatialisation (*Poème électronique*, 1958) — font le lien entre les continents et sont connues de tous. Mais d'autres, relevant de la mouvance « expérimentale » américaine, peinent à trouver un écho en Europe. Ainsi, malgré son antériorité, l'œuvre spatiale de Brant est longtemps méconnue du cénacle européen dominé par l'esthétique sérielle. Pourtant, les célèbres cours d'été de Darmstadt, foyer de l'avant-garde européenne, programment à la fin des années 1950 des pièces américaines de John Cage, Morton Feldman et Earle Brown[37]. En 1959, Bruno Maderna en tant que chef propose d'y faire jouer *Galaxy II* (1954) de Brant, mais le projet n'aboutit pas et l'œuvre de Brant reste absente du festival[38]. Cet épisode témoigne à la fois d'une prise en considération, mais également de probables blocages esthétiques de l'époque : Darmstadt favorisait les œuvres d'avant-garde européennes et accueillait timidement la scène new-yorkaise (Cage, Tudor). Cependant les expérimentations spatiales de Brant ou même d'Ives restaient hors des programmes européens.

---

[33] IVES, Charles E. *The Unanswered Question for Chamber Orchestra or Chamber Ensemble* (New York : Southern Music Publishing Co. Inc., 1953)

[34] SYKES, Caire. « Henry Brant et sa musique ». *Circuit*, 17(3), 77–82. 2007 https://doi.org/10.7202/017593ar

[35] NORTON, Nick. Site internet d'Henry Brant (2018), https://henrybrant.com (consulté le 16 juillet 2025).

[36] STOCKHAUSEN, Karlheinz. « Musique dans l'espace ». *Revue belge de Musicologie* vol 13, no 1, 1959, p. 76-82. https://doi.org/10.2307/3685956.

[37] La pièce *Hodograph I* sera commandée par Nono pour être créée à Darmstadt en 1959, https://earle-brown.org/work/hodograph-i/

[38] IDDON, Martin. New Music at Darmstadt: Nono, Stockhausen, Cage, and Boulez. of Music since 1900. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. https://doi.org/10.1017/CBO9781139519571 p 261

2.2.3 Brant et Boulez : parallèles sans rencontre

Aucun échange épistolaire direct entre Henry Brant et Pierre Boulez n'est documenté à ce jour, et rien n'indique qu'ils se soient rencontrés en personne[39]. Néanmoins, leurs trajectoires présentent d'intéressants parallèles et contrastes sur le plan de l'esthétique spatiale. Au début des années 50, Boulez était alors engagé dans le sérialisme intégral et n'accordait pas encore d'attention explicite à la spatialisation. Mais dès l'année 1956 son intérêt se manifeste suite à la création de Gruppen de Stockhausen (figure 3), ses expérimentations en studio et sa première pièce orchestrale *Doubles* créée en 1958 qui sera intégrée ensuite à l'œuvre *Figures-Doubles-Prismes* en 1968, une œuvre qui expérimente la « répartition » stéréophonique à l'orchestre (figure 4).

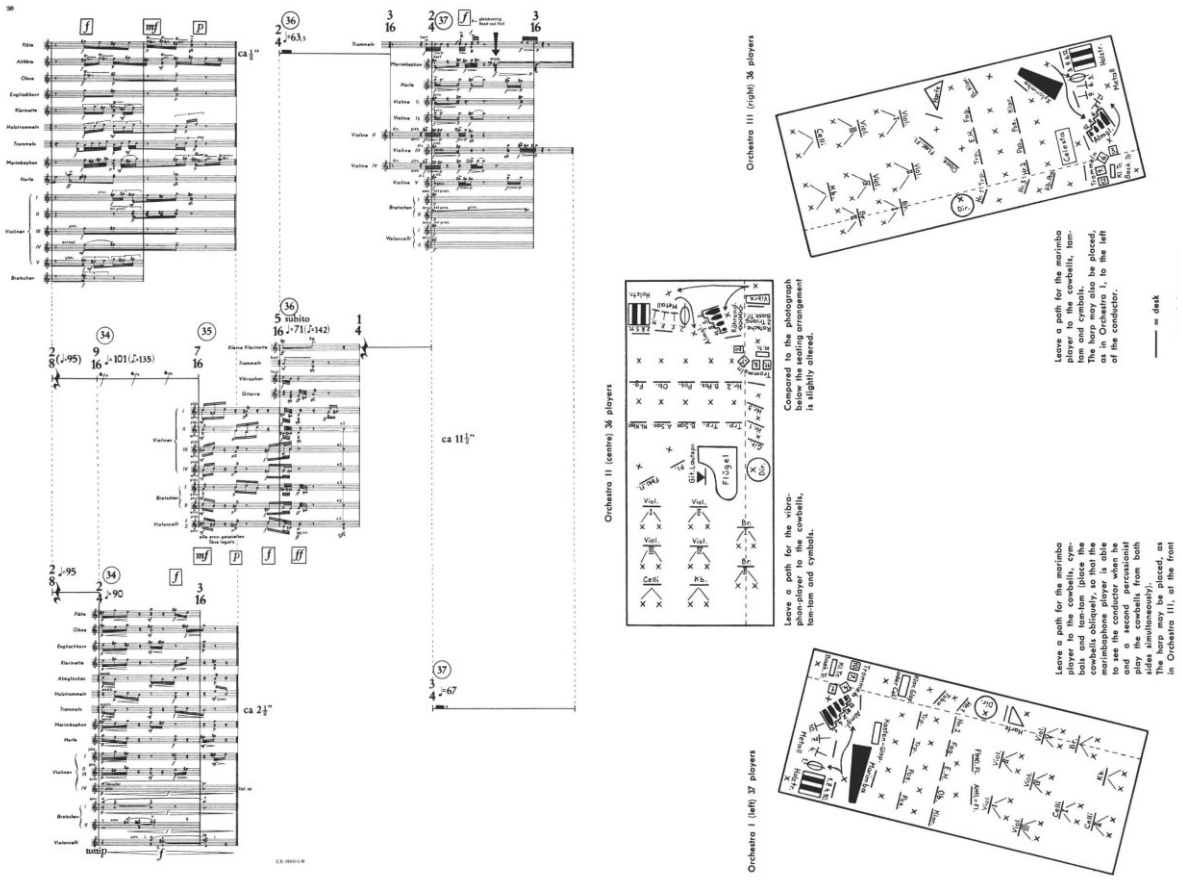


Figure 3 : Extrait de la partition de *Gruppen*, de Stockhausen, à gauche p. 36, à droite notice de répartition orchestrale. Sources : Universal Edition

[39] Fonds des correspondances de Boulez à la BnF : https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc104935w/ca59734158844367 (consulté le 17 juillet 2025)

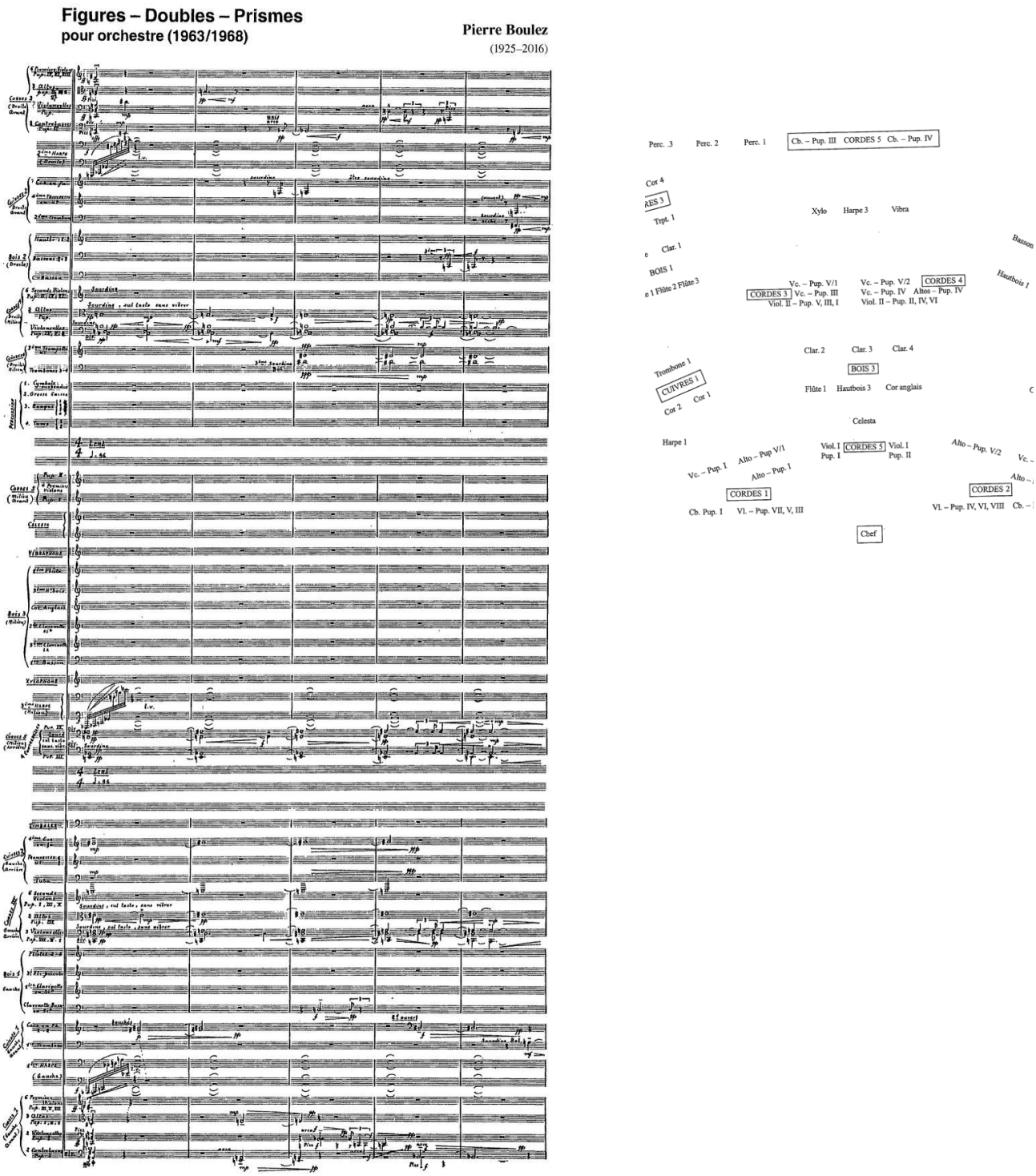


Figure 4 : A gauche, premières pages de Figures-Doubles-Prismes, on observe immédiatement la répartition symétrique des voix autour des bois 3 et des cordes 5, procédé qui sera abandonné plus tard. Boulez justifie cette disposition des voix pour trouver de nouveaux timbres. A droite Disposition de l'orchestre en 1968, mais dont l'écriture débute dès 1957 alors que Stockhausen écrit Gruppen. La correspondance de Boulez et Stockhausen atteste de nombreux échanges au sujet des techniques d'écriture et de la disposition de l'orchestre. Sources : Universal Edition

Dans *Doubles* (1958), Pierre Boulez place la question spatiale et stéréophonique au centre de ses préoccupations compositionnelles. L'œuvre illustre une répartition inédite des pupitres de l'orchestre divisés en plusieurs groupes disséminés par équivalence symétrique sur la scène.

Cette configuration scénique rompt avec l'héritage du XIXe siècle et impose à l'espace de l'orchestre un paramètre d'écriture à part entière.

Dès 1958, Boulez affirme dans les notes de programme de *Doubles* la nécessité d'une « stéréophonie dans un désir d'évidence et de mouvement », la disposition spatiale des instruments étant « exigée par l'écriture musicale, donc, à l'origine, par la poétique des œuvres nouvelles[40] ». La stéréophonie n'est pas seulement envisagée comme progrès technique, mais comme moteur de la création. L'œuvre met à l'épreuve la capacité du public à percevoir une forme de stéréophonie réalisée par la seule disposition des groupes instrumentaux[41]. Boulez cherche à dépasser les effets anecdotiques de la stéréophonie domestique, tel le « ping-pong » sonore entre haut-parleurs, jugé trop spectaculaire et superficiel. Il « déplore la vulgarisation de la stéréophonie dans le cinéma et les spectacles son et lumière, et revendique une écriture spatiale raffinée ». Cette exigence s'exprime par l'intégration de la spatialisation à la microstructure : circulation des figures, opposition de groupes, articulation d'objets sonores statiques ou mobiles. La spatialisation devient ainsi « une nécessité structurelle[42] », orientant la perception et la lisibilité des trajectoires musicales.

Cette démarche s'inscrit dans le contexte de l'émergence de la haute fidélité et de la diffusion massive du disque stéréo à la fin des années 1950, qui influence la conception de l'espace sonore par les compositeurs[43].

Dans une entrevue en 1975, il se défendra d'avoir tenté une quelconque écriture spatiale, préférant insister sur des considérations d'orchestration. À ce sujet, il dira : « Il ne s'agit donc pas de stéréophonie ou de spatialisation, mais d'un mélange des timbres ». Néanmoins avec la partition et la disposition des musiciens, en tout point compatible avec l'idée de stéréo, on comprend que tout observateur de l'époque continue de percevoir l'œuvre ainsi (Derrien 2002).

Dans *Penser la musique aujourd'hui* (1963), Boulez qualifie l'espace de « cinquième dimension », venant s'ajouter aux paramètres que sont la hauteur, le temps, le timbre et le profil dynamique, tout en précisant qu'il ne s'agit pas d'une fonction intrinsèque du phénomène sonore, mais d'un indice de répartition. Cette exigence conceptuelle amène Boulez à porter un regard critique sur les œuvres du passé ayant intégré la dimension spatiale. Il constate que, dans la plupart des exemples historiques, l'espace a été relégué à un usage principalement décoratif

[40] GOLDMAN, Jonathan. « Listening to Doubles in Stereo », in *Pierre Boulez Studies*, éd. Edward Campbell et Peter O'Hagan, Cambridge, Cambridge University Press, coll. « Cambridge Composer Studies », 2016, p. 246-269, ici p. 252

[41] *Ibid.* p. 246-247

[42] *Ibid.* p. 249

[43] *Ibid.*, p. 247-248

ou anecdotique, sans être véritablement intégré comme paramètre structurant de la composition. En cela, Boulez rejoint la réflexion menée par Stockhausen [44] dans « Musique dans l'espace » (1959)[45], pour qui les pratiques spatiales antérieures, qu'elles relèvent des polychoralités vénitiennes, de certains dispositifs orchestraux chez Mozart ou Berlioz, ou encore d'effets isolés chez Mahler, ne font qu'accentuer extérieurement des principes déjà présents, sans véritable implication dans l'organisation du matériau musical.Tous deux insistent sur la nécessité de dépasser cette approche « extérieure », pour penser l'espace comme une dimension compositionnelle à part entière (figure 5) capable d'intervenir de manière fondamentale dans l'élaboration de la forme et du discours musical.

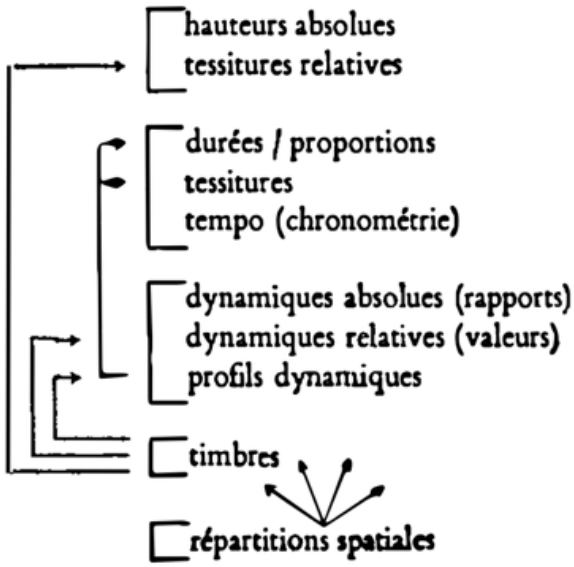


Figure 5 : Schéma sur les dimensions de l'écriture[46]. Source : Boulez, Pierre. *Penser la musique aujourd'hui*, 1963, p 132

Ce positionnement critique à l'égard de l'antiphonie traditionnelle pourrait en partie expliquer la mise à distance délibérée de Brant par Boulez et Stockhausen. Leur recherche d'une radicalité nouvelle dans la spatialisation conduit à considérer l'antiphonie historique comme une pratique conforme à une tradition, jugée insuffisamment engagée dans une véritable « répartition » des sources sonores au sein même de l'écriture musicale. Comme le montreront les travaux de Maria Harley, la démarche de Brant, bien qu'éloignée de la radicalité poursuivie par les compositeurs européens, n'en propose pas moins des approches singulières, fondées sur une exploration authentique des potentialités de l'espace[47]. Cependant, la réserve de Stockhausen à

[44] SOLOMOS, Makis. « Notes sur la spatialisation de la musique et l'émergence du son », dans *Le son et l'espace*, sous la direction de Hugues Genevois et Yann Orlarey, Lyon, Aléas, 1998, p. 105-125. ⟨hal-01789869⟩

[45] STOCKHAUSEN, *op. cit*

[46] BOULEZ, Pierre. *Penser la musique aujourd'hui*. Paris : Gonthier, 1966. re-édition : Gallimard, collection Tel n°124, 1987. p. 132

[47] HARLEY, Maria Anna. *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations*. Thèse de doctorat, McGill University, 1994. https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/ww72bg17g (consulté le 16 juillet 2025).

l'égard de la musique jazz, à laquelle il attribue le renouvellement des sonorités orchestrales appréciées par les jeunes générations, tend à confirmer sa réticence à reconnaître Brant comme un acteur significatif de la création musicale contemporaine.

Dans son texte de 1959, Stockhausen souligne que l'organisation actuelle des orchestres, qualifiés de « symphoniques », illustre la prédilection générale pour un passé héroïque, ce qui, selon lui, freine l'assimilation des réalités musicales contemporaines. Il en déduit que cette forme de conservatisme institutionnel contribue à détourner une partie du public, notamment les jeunes générations, vers les sonorités orchestrales issues d'autres traditions, comme celles portées par la musique américaine et le jazz. Il dira[48] :

> Un examen, même superficiel, des orchestres d'aujourd'hui — justement appelés « symphoniques » suffit à comprendre combien fatale a été la prédilection généralisée pour un grand passé héroïque, combien stérile est une culture musicale qui n'a plus le courage d'assimiler la réalité actuelle. Faut-il s'étonner si les jeunes générations d'auditeurs préfèrent de beaucoup les sonorités orchestrales importées d'Amérique par la musique.

Pour revenir à Boulez, celui-ci intellectualise également l'espace d'une manière au-delà même des seuls paramètres de spatialisation sonore. Il le considère comme une qualité de l'œuvre musicale, cherchant à explorer des espaces variables, à définitions mobiles. Selon Dousson[49] toujours à partir du texte de Boulez, *Penser la musique aujourd'hui*, sa théorie des espaces lisses et striés, structurés par la « coupure », vise à « déréaliser » l'espace physique du concert. Loin d'être un simple aspect technique, cet « espace réel » abstrait est un « nouvel espace social » en devenir, un projet politique visant à reconfigurer la communauté des auditeurs par l'écriture musicale.

La communauté visée est la collectivité des auditeurs, rassemblés dans une salle de concert. Dousson souligne que cet espace réel n'est pas abstrait pour Boulez, mais correspond à l'espace social concret où se disposent matériellement les instrumentistes face au public, et où des classes sociales se retrouvent, se regardent, se représentent. Le « nouvel espace sonore » devient ainsi un « nouvel espace social ». Il s'agit d'une tentative de reconfigurer l'espace politique et social par la musique. Le compositeur cherche à « composer du social ».

Son approche est une extension axiomatique du système sériel qui génère un univers de sons, et non de notes, où l'œuvre se déduit de lois internes et crée son propre langage.

La conceptualisation des espaces lisses et striés est définie par la coupure qui est une tactique subjective du compositeur pour élaguer les sons issus d'une prolifération, rendant le processus de production « inanalysable, inaudible et illisible ».

---

[48] STOCKHAUSEN, *op. cit.*

[49] DOUSSON, Lambert. « Contradictions de l'autonomie et politiques de l'écriture chez Pierre Boulez : de l'art-science à l'art de masse ». Conférence, ENS, 8 février 2005. http://www.entretemps.asso.fr/Nicolas/IM/Boulez.Dousson.htm (consulté le 17 juillet 2025).

C'est une politique de l'écriture qui projette sur l'espace social la topographie de l'écriture musicale, le diagramme de la partition, et de l'espace sonore qu'elle génère. Cette écriture vise à fabriquer l'écoute et à opérer une subjectivation des auditeurs par l'œuvre, en leur imposant un mode d'attention impérieux qui échappe aux schémas perceptifs habituels liés à la consommation marchande. Elle cherche également à subjuguer l'interprète en lui faisant croire qu'il improvise alors que son jeu est dirigé et contrôlé.

Pour produire une subjectivation de l'espace social des auditeurs réunis devant la scène, il faut d'abord exercer un pouvoir sur l'interprète : celui-ci est l'opérateur des effets recherchés par le compositeur. Il réalise les structures, les oppositions entre espaces lisses et striés, les coupures. Boulez affirme d'ailleurs dans *Penser la musique aujourd'hui* que le véritable temps lisse est « celui qui échappe au contrôle de l'interprète »[50]. L'objectif de son réseau conceptuel complexe est d'écrire une musique qui, comme il le formule dans *Par volonté et par hasard*, « flotte », une musique qui empêche l'instrumentiste de coïncider avec un temps pulsé, autrement dit un temps strié[51]. En neutralisant l'autonomie du sujet — auditeur comme interprète —, Boulez transforme l'opposition entre lisse et strié en dispositif idéologique. L'interprète croit improviser, mais son jeu est en réalité dirigé. Ce contrôle repose sur des injonctions contradictoires : dans *Éclat*, par exemple, le musicien improvise tout en jouant précisément toutes les notes indiquées par le chef. Il s'agit d'une improvisation encadrée. Cette forme de contrôle révèle aussi l'ambiguïté du mot « statistique », qui désigne à la fois le lisse (dans un sens musical), les calculs combinatoires de la série, les discontinuités géométriques (comme la coupure chez Poincaré), et les logiques de contrôle appliquées à un espace social.

Doussan termine par reprendre un extrait des entretiens de Boulez avec Foucault[52] :

> L'insularité culturelle de la musique d'aujourd'hui […]. Cette situation singulière, la musique contemporaine la doit à son écriture même. En ce sens, elle est voulue. Ce n'est pas une musique qui chercherait à être familière ; elle est faite pour garder son tranchant. On peut bien la répéter ; elle ne se réitère pas. En ce sens, on ne peut pas y revenir comme un objet. Elle fait irruption toujours aux frontières.

Pour Boulez l'espace d'écriture est à la fois un lieu et une condition, un nouvel espace sonore indissociable d'un nouvel espace social. Sa « politique de l'écriture » vise à reconfigurer ce continuum social historique des auditeurs, imposant une impérieuse expérience musicale. Ceci défie le « fétichisme de l'écoute » consumériste en rendant l'œuvre « inanalysable » et toujours « événement ». Loin d'une œuvre d'art totale wagnérienne cherchant l'envoûtement collectif, Boulez cherche une « déflagration » ou « schizophrénie » du corps social pour qu'il se reconfigure selon les « coupures » de l'œuvre, assurant qu'elle « garde son tranchant ».

---

[50] *op. cit.* BOULEZ, Pierre. *Penser la musique aujourd'hui*, p 107

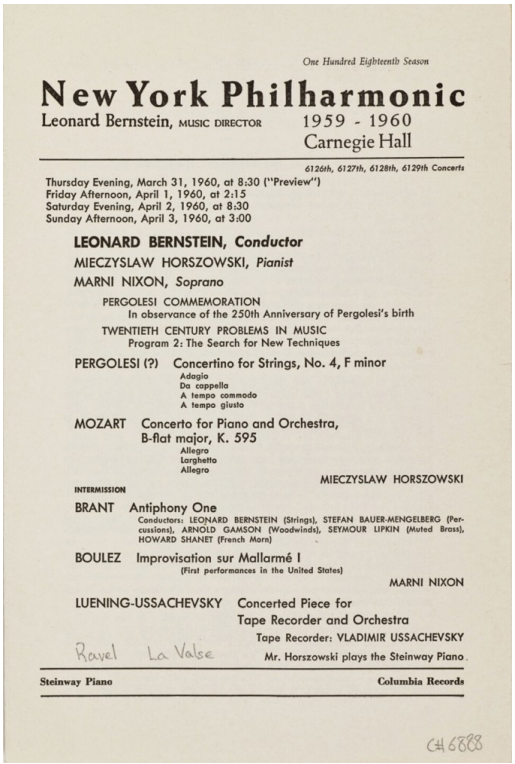
[51] DELIÈGE Célestin, BOULEZ Pierre, *Par volonté et par hasard*, édition Seuil. 1975, p.89.

[52] FOUCAULT Michel / BOULEZ Pierre. La musique contemporaine et le public " (1983), dans *Dits et écrits II*, 1976-1988, p.1312 – p.1313. cité par Dousson (2005)

Henry Brant, quant à lui, sans la théorisation abstraite de Boulez, aborde l'espace de manière pragmatique et inclusive. Il utilise la séparation spatiale pour clarifier des complexités texturales et des juxtapositions de multiples styles musicaux. Cette approche crée une « collision de cultures », reflétant et célébrant les diversités et ruptures sociales existantes qu'il organise sans les homogénéiser.

Tous deux par des méthodes distinctement divergentes — l'un par l'imposition d'une rupture contrôlée, l'autre par la mise en scène de ruptures préexistantes — participent activement à une réflexion sur le rôle social de la musique face à la modernité.

Sur le plan institutionnel, un événement figurant dans les archives de Bernstein illustre la mise en regard des deux compositeurs : le 31 mars 1960 à New York, Leonard Bernstein dirige un concert où figurent côte à côte *Antiphony I* de Brant et la section *Improvisation sur Mallarmé I* (tirée de *Pli selon pli*) de Boulez — aux côtés d'un concerto de Mozart. C'est, pour le public américain, l'occasion de découvrir dans la même soirée une œuvre spatiale américaine d'avant-garde et une œuvre contemporaine européenne d'esthétique très différente. Boulez n'était pas présent (Bernstein dirigeait lui-même *Improvisation I* avec la soprano Marni Nixon), mais ce rapprochement programmatique (figure 6) est hautement symbolique : il témoigne de la volonté de Bernstein de rapprocher les avant-gardes des deux continents.


One Hundred Eighteenth Season

New York Philharmonic

Leonard Bernstein, MUSIC DIRECTOR 1959 - 1960
Carnegie Hall

6126th, 6127th, 6128th, 6129th Concerts

Thursday Evening, March 31, 1960, at 8:30 ("Preview")
Friday Afternoon, April 1, 1960, at 2:15
Saturday Evening, April 2, 1960, at 8:30
Sunday Afternoon, April 3, 1960, at 3:00

LEONARD BERNSTEIN, *Conductor*
MIECZYSLAW HORSZOWSKI, *Pianist*
MARNI NIXON, *Soprano*

PERGOLESI COMMEMORATION
In observance of the 250th Anniversary of Pergolesi's birth

TWENTIETH CENTURY PROBLEMS IN MUSIC
Program 2: The Search for New Techniques

PERGOLESI (?) Concertino for Strings, No. 4, F minor
Adagio
Da cappella
A tempo commodo
A tempo giusto

MOZART Concerto for Piano and Orchestra, B-flat major, K. 595
Allegro
Larghetto
Allegro
MIECZYSLAW HORSZOWSKI

INTERMISSION

BRANT Antiphony One
Conductors: LEONARD BERNSTEIN (Strings), STEFAN BAUER-MENGELBERG (Percussions), ARNOLD GAMSON (Woodwinds), SEYMOUR LIPKIN (Muted Brass), HOWARD SHANET (French Horn)

BOULEZ Improvisation sur Mallarmé I
(First performances in the United States)
MARNI NIXON

LUENING-USSACHEVSKY Concerted Piece for Tape Recorder and Orchestra
Tape Recorder: VLADIMIR USSACHEVSKY
Ravel La Valse
Mr. Horszowski plays the Steinway Piano.

Steinway Piano Columbia Records

CH 6888

Figure 6 : Programme du 31 Mars au 3 Avril 1960 New York Philharmonic Orchestras. Sources : archives.nyphil.org[53]

[53] Programme 1960 Mar 31; Apr 01, 02, 03 / Subscription Season / Bernstein (ID: 6888) : https://archives.nyphil.org/index.php/artifact/74b8c37d-2efc-4216-8a82-4b0da4628909-0.1/fullview (consulté le 17 juillet 2025)

Le programme des concerts du Philharmonique de New York sous la plume de Howard Shanet professeur à l'Université Columbia, dépeint une certaine contrariété à l'égard du grand compositeur allemand prétendant avoir inventé une nouvelle musique, que Brant pratiquait déjà plusieurs années auparavant.

Nous traduisons :

> Henry Brant s'est affirmé comme l'un des pionniers dans le domaine de la musique antiphonique moderne (c'est-à-dire la musique pour interprètes « répartis stéréophoniquement »), dont son œuvre Antiphony One, présentée dans ce programme, constitue un exemple. Il s'est également distingué par l'originalité et l'ampleur de sa production, certains estimant que sa contribution se démarque également par sa qualité, comparativement aux recherches menées ailleurs dans le monde. Depuis 1953, il a composé au moins dix œuvres majeures de ce type, toutes ayant fait l'objet de présentations publiques. Parmi celles-ci figure une œuvre scénique de grande dimension, intitulée Gran Universal Circus, qui mobilise l'ensemble des procédés liés à la « musique spatiale » avec une virtuosité et une inventivité qui ont marqué les expérimentations dans ce domaine ; cette pièce a été présentée devant un public composé notamment de nombreux compositeurs de la région de New York, le 19 mai 1956 à l'Université Columbia.
> Pourtant, il y a seulement deux ans, le compositeur allemand le plus connu pour sa production antiphonique (qui n'avait alors réalisé qu'une œuvre de ce type) semblait ne pas être informé de l'ensemble de ces activités. Dans une déclaration citée par la Frankfurter Allgemeine Zeitung, il évoquait sa propre composition, comme le commencement « d'un nouveau développement » de la musique instrumentale.

Nous reviendrons rapidement sur le compositeur que nous avons nommé plus haut. Mais il est certain que ce dernier n'a jamais considéré devoir tenir compte de l'antériorité des travaux de Brant.

Malgré ces parallèles, Brant restera dans des univers esthétiques et institutionnels éloignés. Au tournant des années 1970, Boulez, directeur de l'IRCAM, se consacra à l'électronique et à l'informatique musicale. Il finit par intégrer complètement l'espace grâce à la technologie numérique lors de la création de Répons en 1981, avec des solistes et des haut-parleurs répartis en différentes parties autour du public. Brant, au contraire, demeura fidèle aux moyens purement acoustiques, refusant l'amplification ou la diffusion électroacoustique : « Je n'utilise pas le son électronique… je me méfie des haut-parleurs comme instruments musicaux… en public, je n'y recours jamais[54] », affirmait-il, assumant un parti pris organique opposé à toute médiation technologique. Cette divergence idéologique (naturel vs. électronique) n'aura probablement pas favorisé les contacts, Brant s'inscrivant dans une démarche qui, pour l'Ircam, aura pu paraître « archaïque » ou tout du moins éloignée des recherches de l'avant-garde du moment (ce qui signifierait que l'espace n'avait pas l'importance qu'on lui accorde ?).

[54] DUFFIE, Bruce, Spatial Music Composer Henry Brant, page internet : https://www.bruceduffie.com/brant.html#:~:text=Brant%3A%C2%A0%C2%A0%20First%2C%20let%20me%20mention,it%E2%80%99s%20the%20difference%20between%20organically (consulté le 17 juillet 2025)

On peut toutefois relever que Boulez, dans les années 1970-80, reconnaîtra rétrospectivement que l'idée de distribution spatiale avait aussi été explorée en Amérique par Ives et ses successeurs. Boulez s'est effectivement intéressé à l'écriture spatiale, sans pour autant le qualifier explicitement comme tel. Dès 1963, son discours théorique suggère qu'il percevait l'espace comme une dimension émergente de la musique moderne. Dans *Penser la musique aujourd'hui*, il évoque *« l'indice de répartition »* comme un paramètre du son tout aussi valable que la hauteur ou la durée, et affirme que la diffusion spatiale doit être intégrée au langage compositionnel[55]. Au fil des années ce statut évolue :

> En explorant les limites de chaque dimension musicale, Boulez en vient à promouvoir la spatialisation non plus comme une option, mais comme une nécessité structurelle pour une musique qui ne se transmet plus par un interprète fixe[56].

Lorsqu'il fonde l'IRCAM en 1977, Boulez en fait un axiome : toute commande de pièces aux compositeurs invités par l'institut doit comporter un élément électronique en temps réel, souvent lié à la spatialisation du son. Dans sa propre musique, ce n'est véritablement qu'avec Répons (1981–84) que Boulez réalise son idéal spatial : un ensemble au centre et des solistes répartis autour du public, dialoguent avec les traitements informatiques du son diffusé sur un réseau de haut-parleurs à l'extérieur et dans le public. S'il a moins écrit d'œuvres explicitement spatiales que la plupart de ses confrères, Boulez a contribué à la réflexion générale sur l'espace musical et a surtout institué un cadre favorable à son développement. Son héritage en la matière se mesure à l'aune de l'infrastructure qu'il a laissée : grâce à l'IRCAM, la recherche sur l'acoustique des salles, la synthèse spatiale (qu'il s'agisse de logiciel comme le spatialisateur ou la conception d'auditoriums innovants) et la création d'œuvres de toute une communauté de compositeurs passés par l'Ircam, mêlant instruments et électronique en temps réel.

2.2.4 Brant et Stockhausen : pionnier ignoré et revendication européenne

De tous les compositeurs européens, Karlheinz Stockhausen est sans doute celui dont les recherches spatiales offrent le plus de similitudes techniques avec celles de Brant — tout en illustrant crûment le manque de reconnaissance mutuelle.

Karlheinz Stockhausen, fervent défenseur du sérialisme intégral, envisage la spatialisation comme un moyen d'articuler plus clairement les structures générées par ses séries. En répartissant les sons dans différentes zones de la salle, il pouvait stratifier la texture et clarifier la perception des densités de son écriture. Dans les années 1950, il expérimente l'idée d'assigner chacune des 12 hauteurs de la gamme chromatique à une position précise dans l'espace, créant ainsi une forme de mélodie de l'espace à la manière des « klangfarbenmelodie » qui évoluerait simultanément en hauteur et en localisation spatiale (Stockhausen 1958). Cette extension du

[55] BOULEZ *op. cit.* p 115

[56] GRANT, M. J., *Serial Music, Serial Aesthetics : Compositional Theory in Post-war Europe*. Cambridge University Press (Music in the Twentieth Century), 2001. 284 p.

sérialisme aux paramètres spatiaux lui permet, selon ses termes, de mettre en relation proportionnelle *« le registre, la durée, le timbre, l'intensité et la position du son »* dans une véritable écriture multidimensionnelle (Stockhausen 1961, 70). Concrètement, Stockhausen a intégré ces concepts dès ses œuvres pionnières avec *Gesang der Jünglinge* (1955–56) qui combine voix de garçon et sons électroniques sur cinq pistes distribuées autour du public, afin d'immerger les auditeurs dans ce qu'il considérait comme l'introduction à une nouvelle dimension de l'expérience musicale[57]. Peu après, il compose *Gruppen* (1955–57) pour trois orchestres disposés en cercle, puis *Carré* (1959–60) pour quatre orchestres et chœurs placés aux quatre coins de la salle, œuvres où les motifs sonores voyagent d'un ensemble à l'autre en un jeu d'appels et d'échos spatialisés. Stockhausen décrit ainsi Gruppen en insistant sur ce dialogue dans l'espace où les groupes sonores devaient errer d'un orchestre à l'autre en se répondant, un orchestre appelant les autres qui lui répondaient en écho. Cette spatialisation du son est modulée par l'écriture. À partir des années 1960, il développe des dispositifs de projection du son toujours plus ambitieux (comme le célèbre auditorium sphérique avec 50 groupes de haut-parleurs à l'Exposition d'Osaka en 1970 pour jouer sa pièce *Spiral*). L'héritage de Stockhausen en matière de spatialisation est immense : il a posé les bases du son immersif moderne, anticipant de plusieurs décennies l'essor des technologies de son surround et 3D[58]. Ses innovations — de la rotation contrôlée des sons par haut-parleurs tournants dès *Kontakte* (1958–60) à la mise en scène spectaculaire du *Quatuor pour hélicoptères* (1992) où les musiciens jouent en vol — ont influencé non seulement les compositeurs savants, mais aussi des créateurs de musiques électroniques et pop du monde entier. Il n'est pas anodin que Stockhausen soit figuré aux côtés des Beatles sur la pochette de *Sgt. Pepper* : des artistes de Brian Eno à Aphex Twin ont revendiqué son influence, que l'on retrouve également dans la conception actuelle de la musique électronique spatialisée.

Stockhausen a abordé la spatialisation presque au même moment que Brant, quoique sous une autre forme, son article « Musik im Raum » (1958) théorise l'idée d'une musique à plusieurs dimensions spatiales et temporelles. Or, historiquement, Brant avait quelques longueurs d'avance. Son *Antiphony I* de 1953 — avec cinq orchestres isolés — précède de cinq ans la création de *Gruppen*. Brant avait publié en 1955 un article sur les usages de la disposition antiphonale et des polyrythmies indépendantes, texte pionnier qui devançait les premières réflexions de Stockhausen et Cage sur l'espace musical. Cependant, dans l'effervescence de l'avant-garde d'après-guerre, ce précédent américain est passé largement inaperçu en Europe.

---

[57] DECROUPET, Pascal, UNGEHEUER Elena, and KOHL, Jerome. « Through the Sensory Looking-Glass: The Aesthetic and Serial Foundations of Gesang Der Jünglinge. » in *Perspectives of New Music 36*, no. 1 (1998): 97–142. https://doi.org/10.2307/833578.

[58] HOLMES, Thom. Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture, 4e éd. (New York : Routledge, 22 mai 2012), 568 p. - p.220

Stockhausen n'en fait aucune mention publique et, fidèle à sa personnalité volontiers prométhéenne, il a eu tendance à revendiquer pour lui-même l'invention de la musique spatiale moderne. Comme l'a noté avec malice une nécrologie britannique :

> À l'instar d'autres innovations musicales, Stockhausen a prétendu avoir « inventé » la musique spatiale avec *Gruppen*, mais la musique spatiale de Brant était à la fois antérieure et plus complexe […] Brant a mené des expérimentations sur les propriétés de l'espace, notamment les aspects de direction, de projection, d'interaction entre groupes sonores, de densité et de perception du mouvement. En 2003, il avait composé 112 œuvres spatiales[59].

Aucun échange épistolaire entre Brant et Stockhausen n'est connu, et rien ne laisse supposer qu'ils se soient rencontrés. Leurs quelques contacts furent au mieux indirects. Par exemple, Stockhausen visita brièvement les États-Unis en 1958 et 1966, y rencontrant John Cage et Edgard Varèse, mais on n'a pas trace d'un intérêt pour Brant à ce moment. Symétriquement, Brant suivait de loin les réalisations de Stockhausen : il avait évidemment connaissance de *Gruppen* une fois la pièce publiée et enregistrée (vers 1960), et d'autres œuvres spatiales, comme Carré (1960) ou le quatuor *Helikopter* plus tard qu'il critiquera entre les lignes (Brant était également écologiste dans l'âme, sa dernière œuvre Icefield en témoigne). Mais Brant ne les cite guère dans ses propres écrits, se contentant de noter que ses propres expériences avaient anticipé certaines trouvailles européennes.

En 1964, Stockhausen lui-même se rendit à New York présenter *Momente*, mais, là encore, aucune interaction avec Brant n'est rapportée. On note toutefois que Bernstein dirigea la même année *Pithoprakta* de Xenakis et rejoua *Antiphony I* — signe que, via des médiateurs bien avisés l'œuvre de Brant commençait à être placée sur un pied d'égalité avec celle des Européens dans la vitrine culturelle américaine.

Le silence entre Brant et Stockhausen s'explique par des divergences esthétiques profondes. Stockhausen, dès la fin des années 50, s'achemine vers l'électronique *(Gesang der Jünglinge, Kontakte*) et conçoit l'espace aussi comme un phénomène électroacoustique (diffusion quadriphonique, déplacements de sons sur haut-parleurs). Brant, on l'a vu, rejetait catégoriquement ce paradigme, préférant exploiter les propriétés acoustiques du son dans l'espace réel. Ainsi, *Kontakte* (1960) de Stockhausen — pièce spatiale sur quatre canaux — aurait laissé Brant sceptique, lui qui ne jurait que par l'expérience directe de l'orchestre dans la salle. De plus, Stockhausen inscrivait la spatialisation dans une pensée globalisante du temps musical (faisant correspondre espace et structure temporelle), alors que Brant voyait plutôt l'espace comme moyen de clarifier les strates musicales complexes et de refléter la polyphonie chaotique du monde moderne. Cette différence de perspective — l'une analytique et prospective chez Stockhausen, l'autre empirique et inspirée du réel chez Brant — n'incitait guère à un dialogue. On peut même avancer que Stockhausen, très en vue en Europe, n'avait pas intérêt à souligner qu'un Américain l'avait devancé sur la dimension spatiale de l'écriture instrumentale ; quant à

[59] ANDERSON, *op. cit.*

Brant, personnalité modeste, il ne chercha jamais la polémique et se contenta de poursuivre son chemin, laissant à des musicologues ultérieurs (tels Maria Anna Harley) le soin de pointer que son article[60] de 1955 *The Uses of Antiphonal Distribution and Polyphony of Tempi in Composing*, précédait de peu celui de Stockhausen en 1959.

En fin de compte, si leurs œuvres montrent des similitudes de procédé — *Antiphony I* et *Gruppen* reposent sur l'indépendance rythmique de groupes éloignés, *Millennium II* de Brant et *Carré* de Stockhausen explorent tous deux la projection spatiale de masses sonores —, cette convergence resta fortuite. Stockhausen ne reconnut jamais publiquement l'apport de Brant, et celui-ci, bien que conscient de son rôle de précurseur, ne chercha pas à revendiquer une influence sur l'Européen. Leur relation est donc faite de non-dits, comme celle très bien illustrée plus haut dans le programme du concert organisé par Bernstein. Brant resta le pionnier inconnu qui laissa la place à Stockhausen sur le devant de la scène de la musique contemporaine. Stockhausen ne citera jamais son travail dans des communications publiques.

2.2.5 Brant et Xenakis : deux visions de l'espace, de part et d'autre de l'Atlantique

La comparaison entre Henry Brant et Iannis Xenakis offre un cas différent. Le parcours atypique de Xenakis le tenant relativement à l'écart des chapelles sérielles fait qu'il aurait pu être un interlocuteur pour Brant, partageant une méfiance envers le sérialisme intégral et une propension aux idées non conventionnelles.

Xenakis aborde, lui, la question de l'espace sonore avec un regard d'architecte et de scientifique. Rejetant la voie du sérialisme, il élabore dès le milieu des années 1950 une esthétique fondée sur les mathématiques (théorie des ensembles, processus stochastiques, etc.) et sur la notion de masse sonore en mouvement. Son analyse critique du sérialisme, exposée dans l'article retentissant *« La crise de la musique sérielle »* (1955), part d'un constat d'écoute : à vouloir contrôler rigoureusement chaque note, les sérialistes produisent en réalité des masses de sons chaotiques dans divers registres impossibles à suivre pour l'oreille, aboutissant à une complexité perçue comme aléatoire[61]. Xenakis souligne ainsi le décalage entre la structure et sa perception sonore. Selon lui, derrière la surface chaotique de notes se cache une structure déterministe, figée, inaudible et vaine. Plutôt que de nier cet effet de masse, il propose de le prendre comme point de départ d'une nouvelle approche : penser la musique comme des nuages de sons évoluant selon des lois probabilistes, appréhendées globalement par l'auditeur. C'est dans cette perspective qu'il envisage la spatialisation : non pas pour clarifier des points de dé-

[60] BRANT, Henry. « The Uses of Antiphonal Distribution and Polyphony of Tempi in Composing », *American Composer's Alliance Bulletin,* vol 4, no 3, 1955, p .13–15.

[61] Xenakis, Iannis. « La crise de la musique sérielle », *Gravesaner Blätter,* no 1, p. 2-4 https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2020/11/1955-%C2%AB-La-crise-de-la-musique-se%CC%81rielle-%C2%BB-Gravesaner-Bla%CC%88tter-n%C2%B01-1955-p.-2-4.pdf (consulté le 15 juillet 2025)

tail, mais pour déployer dans l'espace la matérialité du son en tant que telle, et pour faire percevoir des mouvements collectifs. Dans *Terretektorh* (1966), Xenakis répartit 88 musiciens parmi le public, l'entourant de toutes parts, et les fait jouer des nuées sonores qui se déplacent dans l'auditoire comme si la musique était un fluide sonore circulant autour des spectateurs[62]. De même, *Persephassa* (1969) dispose six percussionnistes en cercle autour du public, exploitant les rotations et spires sonores rendues possibles par cette configuration spatiale, créée dans les ruines de *Persépolis* en Iran. Pour Xenakis, la spatialisation en direct par la position des exécutants dans l'espace, est un antidote au temps linéaire de la musique traditionnelle, un moyen de rendre sensibles des phénomènes sonores globaux (masse, trajectoire, dispersion) qu'il ne pouvait exprimer par les seules notations conventionnelles. Par la suite, ses *Polytopes*, spectacles multimédia son-et-lumière, où l'architecture (à la suite du célèbre Pavillon Philips de l'Expo 58 qu'il a conçu avec Le Corbusier) devient un espace sonore immersif pour lequel il compose. L'héritage de Xenakis est manifeste dans le domaine de la musique électronique et numérique : il a fortement influencé le développement de la composition assistée par ordinateur et des techniques d'écriture graphique du son (son système UPIC préfigure les interfaces modernes de création visuelle du son). De nombreux compositeurs contemporains, en Europe comme en Amérique, se réclament de ses innovations, qu'il s'agisse de la spatialisation instrumentale (on pense à *Le Noir de l'étoile* de Gérard Grisey en 1990, explicitement inspiré de Persephassa) ou de l'utilisation de modèles mathématiques pour façonner des espaces sonores virtuels. Plus généralement, Xenakis a contribué à distinguer l'espace comme un paramètre de composition à part entière, relevant autant de la perception physique que de l'abstraction géométrique.

Malgré leur proximité commune avec Varèse, aucune correspondance ou rencontre n'est documentée entre Xenakis et Brant. On trouve néanmoins, dans les années 70, un enregistrement où les œuvres des deux compositeurs se rencontrent[63], aujourd'hui conservé à la bibliothèque du Congrès américain, preuve de l'intérêt qu'elles ont suscité. Pourtant, cet enregistrement avec le violoniste Paul Zukofsk illustre à lui seul une distance critique radicale qui existait probablement entre eux. Le choix d'associer une pièce humoristique de Brant, *Quombex* , à la gravité de *Mikka* de Xenakis n'a sans doute pas enthousiasmé ce dernier. De plus, ces pièces ne mettaient en valeur, ni pour l'un ni pour l'autre, les dimensions de leurs écritures spatiales.

Sur le plan de la création spatiale, Brant et Xenakis développent chacun une esthétique immersive, mais avec des modalités distinctes. Brant, fidèle au modèle antiphonal, disperse des ensembles contrastés dans l'espace de la salle, souvent en hauteur ou aux extrémités, de façon à ce que le public perçoive clairement les différentes couches sans qu'elles se fondent les unes

[62] MATOSSIAN, Nouritza. *Iannis Xenakis*, Paris, Fayard, 1981, 325 p. - p.166

[63] ZUKOFSKY, Paul. *Brant* « • Scelsi • Wolpe • Xenakis • Cage • Glass • Feldman », CD-AUDIO, 1991, https://musicalobservations.bandcamp.com/album/brant-scelsi-wolpe-xenakis-cage-glass-feldman (consulté le 18 juillet 2025)

dans les autres. Xenakis, sans renier les héritages de l'antiphonie, explore une immersion intégrale en plaçant le public au plus près des musiciens dans l'orchestre de *Terretektorh* (1966) et *Nomos Gamma* (1968). Xenakis répartit tous les musiciens *parmi* les auditeurs, abolissant frontalement la séparation scène-salle. Ainsi, là où Brant place ses ensembles à différents niveaux, autour du public, Xenakis mêle l'orchestre entier au public. L'intention, toutefois, n'est pas la même : Brant cherche une polyphonie spatiale d'éléments hétérogènes (d'où ses collages stylistiques simultanés, parfois jazz contre chant grégorien, etc.), alors que Xenakis vise une expérience unifiée, quasi rituelle, du son en mouvement dans l'espace à partir essentiellement de nuages de sons réalisés sur la base de calcul minutieux qui fascineront autant qu'ils fourniront des arguments pour rejeter son travail[64].

Malgré ces différences, ils sollicitent l'auditeur de manière « enveloppante » : l'oreille est immergée dans un champ sonore à 360° qu'il s'agisse des trombones planant autour dans *Orbits* de Brant, ou des percussions tournoyantes de *Persephassa* (1969) de Xenakis. Tous deux accordent aussi une place à la perception physique du son : Xenakis, par sa formation scientifique, a réfléchi au déplacement réel des ondes sonores et à leur incidence psychoacoustique ; là où Brant, élaborait de façon empirique ses procédés en constatant les propriétés de perception dues à l'augmentation du nombre d'instruments d'un même timbre disséminés dans l'espace, produisant une intensité et des effets qu'il disait ne pas pouvoir obtenir autrement. En cela, ils partagent une approche *concrète* de l'espace, par opposition aux seules abstractions de notation sur partition beaucoup plus conceptuelles chez Stockhausen et Boulez.

Si aucun écrit de Xenakis ne mentionne Brant, on peut supposer qu'il a eu vent de son existence au moins tardivement. Dans les années 1990, Xenakis participait à des colloques sur la spatialisation (par ex. en 1992, interrogé par la chercheuse Maria Harley aux côtés de Boulez et Brant même). L'Europe commençait alors à reconnaître l'apport de Brant : en 1984, le Holland Festival d'Amsterdam organisa une rétrospective de ses œuvres sur une semaine entière, *Brant aan de Amstel*, comprenant un spectacle musical itinérant sur des barges circulant dans les canaux de la ville. Ce type d'invitation tardive en Europe montre que l'œuvre de Brant finissait par circuler. On note d'ailleurs que Xenakis et Brant furent réunis au catalogue de certains éditeurs et labels à la fin du XXe siècle (par ex. les éditions Mode Records à New York publient à la fois des œuvres de Xenakis et un CD monographique Brant dans les années 1990).

Idéologiquement, Brant et Xenakis partageaient un rejet du dogme sériel, mais divergeaient sur bien d'autres points. Xenakis embrassa les possibilités de l'ordinateur et l'électronique, ce qui peut-être a nourri la volonté chez Brant de se tenir à distance d'un discours sur des pratiques qui ne lui correspondaient pas. Enfin, esthétiquement, le langage musical de Xenakis fondé sur

[64] Boulez déclarait encore en 2011, lors d'une conférence avec Gérard Assayag et Alain de Connes, que Xenakis affichait en conférence ses formules pour intimider son auditoire, sans que les formules affichées ne correspondent à de réelles fonctions avec sa musique. Conférence : La créativité en musique et en mathématiques, festival Agora en 2011 https://medias.ircam.fr/fr/media/x70ce3e_pierre-boulez-et-alain-connes-la-creativ (consulté le 17 juillet 2025)

les mathématiques, sans référence culturelle explicite, contrastait avec celui de Brant (foisonnant), incorporant volontiers des éléments de jazz, de musiques du monde ou d'éléments scéniques. Ces écarts purent dissuader toute tentative de dialogue, chaque compositeur pouvant penser que l'autre évoluait dans un univers trop différent du sien. Néanmoins, avec le recul, la musicologie compare volontiers leurs contributions respectives à la spatialité : Maria Harley a analysé conjointement « la simultanéité stratifiée chez Brant » et « le mouvement du son chez Xenakis » comme deux approches complémentaires de la composition spatiale[65]. Ainsi, si Brant et Xenakis n'ont pas échangé directement, leurs œuvres *dialoguent à postériori* dans l'histoire de la musique, témoignant de préoccupations communes, malgré leurs divergences.

2.2.6 Entre reconnaissance et méconnaissance : réception européenne

La carrière de Henry Brant illustre la difficulté des circulations transatlantiques au XXe siècle. Longtemps, Brant fut davantage reconnu dans son pays qu'en Europe. Il travaillait dans un relatif isolement, ce dont témoigne son anecdote ironique : « avant le Pulitzer, on me connaissait vaguement comme l'auteur d'une sorte de musique loufoque ; maintenant on dit "voyons voir cette musique de doux dingue" — c'est à peu près tout », déclarait-il en 2002, modeste face à son soudain surcroît d'attention[66]. Pourtant, des signaux de reconnaissance européenne existent dès les années 1950-60. Brant est ainsi le premier Américain à remporter le Prix Italia[67], en 1955, pour une composition radiophonique — fait notable qui prouve que son talent fut salué par des jurys internationaux. De même, ses œuvres ont été présentées à l'étranger par l'entremise de chefs ou mécènes : on a mentionné Bernstein à New York, mais citons aussi le chef néerlandais Edo de Waart qui organisa la semaine Brant à Amsterdam en 1984, ou la mécène Betty Freeman[68] qui finança des créations et correspondait avec Brant des années 1979 à 1996 en parallèle à Boulez et à Stockhausen. Ces vecteurs ont permis à la musique de Brant de franchir l'Atlantique malgré l'absence de réseau personnel liant le compositeur aux avant-gardes européennes. Toutefois, aujourd'hui, ses archives sont conservées en partie à la fondation Sacher en Suisse.

Il faut souligner que Brant s'inscrivait dans la tradition expérimentale américaine aux côtés de Cowell, Varèse, Cage, Partch, etc. À ce titre, il souffrit des mêmes incompréhensions initiales

---

[65] HARLEY, M., 1994, *op. cit.*

[66] ANDERSON, Virginia.

[67] RAI. *Prix Italia 1948-2024*. Document PDF, Rome, 2024. https://www.rai.it/dl/doc/2024/10/11/1728658969863_prix_italia_1948_2024.pdf (consulté le 17 juillet 2025)

[68] FREEMAN, Betty. (1921–2009) fut une mécène américaine dont le soutien à la musique contemporaine a joué un rôle important dans la commande et la diffusion de plus de 400 œuvres de compositeurs du XXe siècle, parmi lesquels John Cage, Steve Reich, Philip Glass et bien d'autres. Elle a également exercé une activité de photographe, documentant de nombreux créateurs de la scène musicale expérimentale américaine. Ses correspondances sont archivées à l'université de San Siego aux Etats-unis. https://libraries.ucsd.edu/speccoll/findingaids/mss0227.html#header et https://oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/tf3000060v/entire_text/#:~:text=Freeman%20%28Betty%29%20Papers%20,Brendel%2C%20Alfred (consulté le 17 juillet 2025)

en Europe, où régnait un certain eurocentrisme. Boulez, Stockhausen et consorts, dans les années 1950, avaient une vision parfois condescendante des Américains (Boulez ne cachait pas son scepticisme envers Cage après 1954, Stockhausen ignorait presque tout de Cowell ou Partch. Brant, compositeur discret et non-polémiste ne fit pas exception. Mais à partir des années 1970, le climat change : les festivals commencent à s'ouvrir à la diversité des esthétiques. En 1979, Brant est invité au festival automn in Warsaw (il dirige *Trinity of Spheres* la même année). En 1983, la revue britannique *Contact* publie un compte rendu élogieux de la *Holland Festival Brant Week*, soulignant l'originalité et la « théâtralité sonore sans équivalent » de ses œuvres spatiales[69]. Progressivement, des ponts se construisent : Brant est intégré au *canon* des pionniers de la spatialisation aux côtés d'Ives, Varèse, Schafer et Xenakis dans les travaux musicologiques des années 1990 de la musicologue M.A. Harley. Cette musicologue qui a interviewé aussi bien Brant, Boulez que Xenakis, consacre plusieurs études à Brant et souligne que son article de 1955 sur l'antiphonie précédait celui de Stockhausen, réhabilitant ainsi la priorité historique de Brant.

Malgré cette reconnaissance tardive, il demeure frappant que peu d'échanges directs aient eu lieu. Il semble que Brant et les Européens aient évolué en parallèle, avec un intérêt respectif implicite. Les raisons, nous l'avons vu, en sont multiples : éloignement géographique et linguistique, clivages esthétiques (Brant se méfiait du sérialisme et de l'électronique, ce qui le plaçait hors du cercle boulezien ; inversement, son éclectisme stylistique — mêler jazz, gamelan, sirènes de pompiers dans un même oratorio spatial — pouvait paraître iconoclaste aux Européens académiques). Il y a aussi la question de l'idéologie artistique : Brant se réclamait d'une philosophie très américaine de la « démocratie des sons » (chaque voix indépendante occupant un espace, métaphore d'une pluralité sociale), alors que Boulez/Stockhausen poursuivaient un idéal d'organisation totale de la matière sonore, y compris dans l'espace, et que Xenakis projetait ses structures mathématiques dans l'architecture du son. Ces visions du monde différentes ont probablement limité la possibilité d'un dialogue en profondeur.

2.2.7 Un dialogue en suspens avec une postérité commune

En définitive, l'étude des relations ou surtout de l'absence de relations entre Henry Brant et les compositeurs européens Boulez, Stockhausen, Xenakis, éclaire l'histoire de la musique spatiale sous un angle transatlantique. Elle révèle combien l'innovation peut naître simultanément en des lieux divers, sans que les protagonistes en soient pleinement conscients les uns des autres. Henry Brant, figure longtemps de l'ombre, a bel et bien contribué à façonner l'écriture spatiale moderne, aux côtés des ténors européens qui, eux, bénéficièrent d'une plus grande visibilité médiatique et institutionnelle. Les sources critiques et archivistiques que nous avons rassemblées montrent d'une part que Brant fut précurseur dans nombre de domaines (polychoralité contemporaine, pensée de l'espace comme dimension compositionnelle), et d'autre part que ce

[69] Henry Brant, « Space as an Essential Aspect of Musical Composition » (1967), in *Contemporary Composers on Contemporary Music, Expanded Edition*, ed. Elliott Schwartz and Barney Childs, New York : Da Capo Press, 1998, 510 p., p. 220–42

fait ne fut reconnu qu'avec du retard en Europe — probablement à contrecœur de la part de ceux qui avaient revendiqué une certaine exclusivité sur ces avancées du langage musical.

L'absence d'échanges entre Brant et ses confrères européens n'est donc pas le fruit d'une indifférence totale, mais plutôt le résultat de contextes distincts. Chacun évoluait dans son milieu : Boulez et Stockhausen, soutenus par le réseau des radios, festivals et conservatoires européens, communiquaient entre eux et avec d'autres Européens, tandis que Brant travaillait en Amérique du Nord dans un milieu plus éclaté (universités, commandes ponctuelles, festivals alternatifs). Quant à Xenakis, il traçait sa propre route singulière. Leurs chemins artistiques se sont frôlés plus qu'ils ne se sont croisés. Néanmoins, à la lumière du XXIe siècle, on peut affirmer que ces quatre compositeurs participent d'une histoire commune de la spatialisation musicale instrumentale. Leurs œuvres ont été étudiées conjointement dans les thèses et colloques sur le sujet, et exécutées dans les mêmes programmations thématiques. Si les moyens étaient réunis, un concert pourrait mettre au programme : *Nomos Gamma* de Xenakis, *Répons* de Boulez, *Gruppen* de Stockhausen et *Ice Field* de Brant, sans grande problématique de continuité esthétique pour le public, tant il est admis que tous explorent des facettes complémentaires de la musique dans l'espace.

La guerre froide esthétique opposant l'Europe sérielle à l'Amérique expérimentale a joué un rôle non négligeable. Pourtant, lorsque Boulez écrit que désormais « l'espace est la cinquième dimension de la musique[70] », il rejoint Brant qui depuis longtemps proclamait presque la même chose, mais comme quatrième dimension… Lorsque Xenakis immerge les auditeurs au milieu des musiciens, il réalise concrètement ce que Brant concevait comme une métaphore de la vie moderne par « l'enchevêtrement incessant d'évènements concurrents » que Brant voyait dans la société et transposait dans ses œuvres spatiales. Il disait à ce sujet :

> « Il ne m'a jamais semblé que la vie est une question simple, et j'ai toujours pensé que la musique peut refléter l'existence quotidienne, avec ses nombreux événements complexes à la fois internes et externes. Un épisode banal dans la vie quotidienne n'est pas un évènement unidimensionnel. Les gens se croisent, inconscients des besoins et des craintes les uns et des autres. Pour moi, des amalgames spatiaux d'évènements musicaux très contrastés, librement associés, mais contrôlés, présentent des occasions de représenter, dans la salle de concert, des équivalents musicaux du bombardement incessant de catastrophes sociales et environnementales qui affligent l'existence quotidienne[71]. »

---

[70] BOULEZ, *op. cit. Penser la musique aujourd'hui,*1963, p. 72 : « Reste une cinquième dimension, qui n'est pas à proprement parler une fonction intrinsèque du phénomène sonore, mais plutôt son indice de répartition: j'ai nommé l'espace »

[71] Traduction extraite de la page internet : https://henrybrant.com/on-henry-brants-spatial-music (consulté le 17 juillet 2025) extrait original : *It has never seemed to me that life is a simple matter, and I have always felt that music can reflect everyday existence, with its many complicated events both internal and external. A mundane episode in everyday life is not a one-dimensional event. People pass one another unaware of each other's needs and fears. For me, spatial amalgams of highly contrasted musical events, freely associated yet controlled, present opportunities for representing in the concert hall, musical equivalents of the incessant bombardment of social and environmental catastrophes which bedevil daily existence*.

Ainsi, les œuvres de ces compositeurs s'inscrivent dans un dialogue — explicite ou implicite — rendu possible par leur proximité historique. L'analyse de leurs rencontres manquées, de leurs convergences ou de leurs divergences éclaire autant les dynamiques des réseaux artistiques du XXe siècle que la diversité des approches de l'espace sonore. Cette période, marquée par un intense esprit d'innovation, a vu émerger des créations qui témoignent à la fois des bouleversements esthétiques et des tensions sociales, politiques et écologiques propres à la seconde moitié du XXe siècle. Nombre de ces compositeurs étaient conscients, de façon plus ou moins explicite, des enjeux historiques et politiques de leur temps : traumatismes de la Seconde Guerre Mondiale, expériences de la dictature, et prise de conscience progressive des risques écologiques. Boulez, dont l'engagement écologique semble moins prononcé que chez d'autres, n'en demeure pas moins une figure d'un certain activisme politique dans le champ institutionnel : sa volonté de structurer des institutions résilientes a en partie contré l'hégémonie des industries culturelles prédatrices en résistant à la normalisation des goûts et des références imposées par les logiques marchandes.

2.3 Les pionniers face au père de la musique concrète

2.3.1 Pierre Schaeffer, Pierre Henry et Jacques Poullin

Pierre Schaeffer occupe une place à part : ne se revendiquant pas compositeur au sens traditionnel, mais bien plus volontiers penseur d'une certaine polytechnicité poétique du son. Dès 1948, il a inauguré avec la musique concrète une nouvelle manière de composer à partir du son enregistré et contribué à l'émergence de la recherche/création avec ses différents ouvrages théoriques, de l'initiative individuelle à l'organisation collective. Schaeffer n'a pas élaboré de pièces « spatiales » comparables à *Gruppen* ou *Persephassa*, mais il a introduit des concepts et des outils qui ont profondément influencé l'écriture de la spatialisation, notamment dans la musique électroacoustique. Son idée centrale est celle de l'écoute réduite : détacher le son de sa cause pour le considérer comme un objet sonore indépendant (Schaeffer, 1966). Ce principe a une implication spatiale importante : la diffusion via haut-parleurs permet de rompre le lien visuel source/son, et donc d'explorer librement l'espace de projection. Très tôt, au Groupe de Recherche de Musique Concrète (GRMC), Schaeffer et son collaborateur Pierre Henry cherchent à spatialiser les bandes sonores. En 1951, l'ingénieur Jacques Poullin, sur une idée de Schaeffer, construit le potentiomètre d'espace, visible en figure 7.

Figure 7 : Pierre Schaeffer dans le pupitre d'espace en 1951. Source : Ina/Maurice Lecardent

Le potentiomètre d'espace est un dispositif pionnier de contrôleur permettant de déplacer un son entre plusieurs haut-parleurs par variations de champs magnétiques[72]. Henry s'en sert dans des œuvres concrètes pour créer l'illusion de sons tournoyants autour de l'auditeur. Poullin décrit alors systématiquement les deux modes de projection rendus possibles : le relief statique (sons simultanés provenant de points fixes distincts diffusés sur 4 enceintes séparées) et le relief cinématique (déplacement continu d'un son d'une enceinte à l'autre). Cette formalisation technique, documentée par Poullin par une publication en 1957[73], anticipe ce que d'autres feront dans leurs compositions quelques années plus tard. La figure 8 présente le synoptique spatial des principes électroniques et interactifs mis en jeu.

[72] DHOMONT, Francis. La projection acousmatique, p. 16-18, in Dhomont Francis, direction L'espace du son I et II 1988-1998 https://www.musiques-recherches.be/fr/publication/20-lien-l-espace-du-son-ii (consulté le 16 juillet 2025)

[73] POULLIN, Jacques. « Son et espace », Revue Musicale n°236, Paris, éd. Richard-Masse, 1957, p.112.

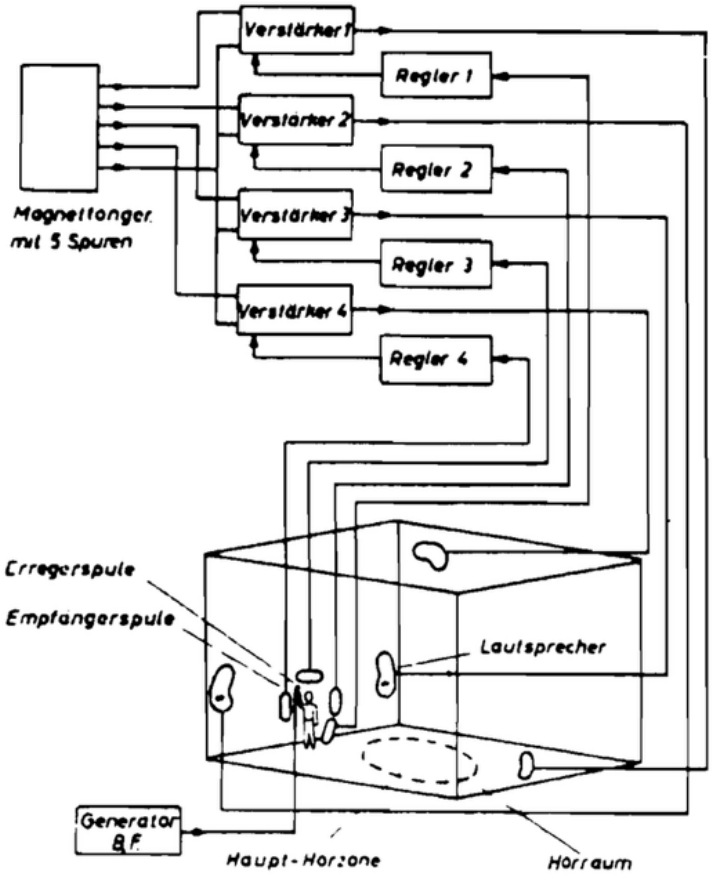


Abb. 10. Einrichtung der räumlichen Projektion

Figure 8 : Schéma du potentiomètre d'espace de Jacques Poullin avec son système de diffusion sonore tridimensionnelle sur quatre canaux[74].

En ce sens, Schaeffer a fourni à Boulez et Stockhausen un véritable laboratoire spatial : Stockhausen reconnaîtra que d'avoir assisté aux concerts parisiens de musique concrète au début des années 50 lui a ouvert les yeux sur le potentiel de mouvement du son[75]. Boulez aussi a brièvement collaboré avec Schaeffer en composant deux *Études* concrètes (1951–52) au GRMC, avant de critiquer le manque de rigueur formelle de cette approche en reprochant à Schaeffer de collectionner des sons anecdotiques sans syntaxe solide[76] (Boulez 1954). Schaeffer, de son côté, se montrait tout aussi sceptique envers le sérialisme abstrait de Boulez qu'il voyait comme l'ultime avatar de la musique allemande. Cette opposition illustre deux esthétiques inconciliables de prime abord : l'une part du son concret et de ses richesses intrinsèques (timbres inouïs, textures nouvelles, espaces réverbérants captés au micro), l'autre vise une construction de l'esprit où le son n'est qu'un véhicule de structures conceptuelles. Pourtant,

[74] *Ibid.*

[75] STOCKHAUSEN, Karlheinz. Texte zur Musik. 7 vols. Cologne : DuMont Schauberg, 1963–1989 ; Kürten : Stockhausen-Verlag, 1998. cité par HARLEY, 1994, *op. cit.*

[76] BOULEZ, Pierre. « À la limite du pays fertile. » Dans Relevés d'apprenti, Paris : Seuil, 1966. Texte d'origine : Boulez, Pierre. "An der Grenze des Fruchtlandes." Die Reihe 1, Elektronische Musik. Wien : Universal Edition, 1955

avec le recul, on constate que Schaeffer et Boulez ont fini par converger quant à l'importance de la spatialisation : Schaeffer, via ses successeurs au Groupe de Recherches Musicales (GRM), a encouragé la pratique du *concert* utilisant des orchestres de haut-parleurs (l'Acousmonium de François Bayle, inauguré en 1974, comprenait 80 enceintes de divers types, destiné à interpréter les musiques sur support dans l'espace à des intensités et hauteurs variables). Boulez, via l'IRCAM, a poussé la recherche informatique permettant de spatialiser finement les sons en temps réel. Quant à Stockhausen et Xenakis, ils ont chacun à leur manière intégré la leçon concrète : *Gesang der Jünglinge* combine sons électroniques et concrets sur bandes multipistes, et Xenakis a volontiers utilisé le studio du GRM pour réaliser ses œuvres sur support (il y produit *Diamorphoses* en 1957). Schaeffer peut ainsi être vu comme le précurseur conceptuel d'une nouvelle attitude face à l'espace consistant à ne plus considérer l'espace comme le simple contenant de la musique, mais comme l'un de ses matériaux de composition. L'influence de Schaeffer est mondiale et se déploie au-delà des communautés de la musique contemporaine. L'omniprésence de l'échantillonnage et du *sound design* dans la musique populaire (hip-hop, musique de film, installation sonore) témoigne également indirectement de l'impact de Schaeffer : comme l'a souligné son élève Jean-Michel Jarre, *« il a inventé le sample, le sillon fermé — c'est-à-dire la boucle — le délai, la réinjection, les sons à l'envers, les sons ralentis ou accélérés : il a inventé toute la manière de faire de la musique aujourd'hui*[77]*»*. Cet héritage technique et esthétique a redéfini la manière de composer bien au-delà des intuitions initiales de Pierre Schaeffer

2.3.2 Liens, oppositions et influences réciproques.

Malgré des approches très différentes, Stockhausen, Xenakis, Boulez et Schaeffer ont été en dialogue — parfois implicitement — par leurs critiques mutuelles et l'émulation qu'ils ont suscitée. Leurs rapports personnels et institutionnels ont oscillé entre collaboration, rivalité et méfiance, reflétant souvent des divergences esthétiques profondes.

Cette opposition s'est doublée d'une compétition institutionnelle : à la fin des années 1960, Boulez — fort de son prestige international — obtient du gouvernement français la création de l'IRCAM, avec d'importants moyens, ce qui a pu être perçu comme un dévouement de l'État à la vision boulezienne de la modernité musicale, au détriment de l'héritage de Schaeffer. En effet, alors que Schaeffer quitte l'ORTF en 1975, son groupe (le GRM) est relégué à une existence plus modeste, tandis que Boulez inaugure en 1977 un centre flambant neuf où trônera la recherche sur ordinateur, jugée plus scientifique. L'antagonisme entre Boulez et Schaeffer s'articule sur un dilemme entre art et science, théorie et empirisme dans la musique. Néanmoins, il convient de nuancer l'idée de leur hostilité apparente : Schaeffer et Boulez partageaient au fond une ambition commune de *révolution musicale* et un certain mépris pour le conservatisme académique et ce, même s'ils sont restés irréconciliables.

[77] JARRE, Jean-Michel. « Jean-Michel Jarre reprend de l'Oxygène. » RFI Musique. 12 décembre 2007, https://musique.rfi.fr/musique/20071212-jean-michel-jarre-reprend-loxygene.html (Consulté le 25 août 2025)

Entre Boulez et Xenakis, les relations furent également marquées par une certaine incompréhension réciproque. Boulez admire le scientifique chez Xenakis, mais reste dubitatif sur sa musique. Boulez n'a jamais programmé Xenakis dans les concerts du Domaine Musical des années 1950–60, signe d'une mésentente[78] probablement amplifiée par la critique de Xenakis qui, de son côté, publie *La Crise de la musique sérielle* en 1955[79], une attaque à peine voilée contre Boulez et Stockhausen, accusés de conduire la musique dans une impasse formaliste. Il y écrit que *« Depuis des années les perfectionnements de détail n'ont pas fait de brèche dans l'impasse. La crise de la musique sérielle est ouverte. En effet le système sériel est remis en question en ses deux bases qui contiennent en germes leurs destructions et leurs dépassements propres : a) la série ; b) la structure polyphonique. »*

Malgré cela, les deux hommes se respectent en tant qu'intellectuels. Boulez a salué l'originalité de Xenakis, et celui-ci a reconnu l'importance de Boulez comme chef et organisateur de la vie musicale[80]. Leur opposition initiale — sérialisme vs stochastique — s'estompe aujourd'hui dans le contexte plus large de la reconnaissance de multiples modernités où l'on perçoit plutôt la complémentarité de leurs apports respectifs.

Quant aux rapports entre Stockhausen et les Français, ils furent empreints d'un mélange de camaraderie et de compétition. Stockhausen et Boulez se rencontrent dès 1952 à Paris chez Messiaen[81], et nouent une amitié intellectuelle solide dans les années Darmstadt. Ils correspondent intensément. Boulez voit en Stockhausen son alter ego artistique. Cependant, Stockhausen, personnalité indépendante et mystique, s'est peu à peu éloigné esthétiquement du carcan sériel strict cher à Boulez. Dès la fin des années 1950, il introduit du hasard contrôlé (*Klavierstück XI*, 1956), ce que Boulez acceptait encore difficilement à l'époque. Néanmoins, aucune polémique publique n'a éclaté entre eux, les deux étant liés par un profond respect mutuel. Quelques mois plus tard, Boulez présentera sa Troisième Sonate (1957), qui explore le principe de la forme ouverte par la variabilité des parcours mais qui est célèbre pour être restée inachevée[82]. C'est plutôt Stockhausen vs Schaeffer qui a été perçu un moment par l'historiographie, comme un duel symbolique quelque peu exagérée entre *musique électronique pure* (Cologne)

---

[78] Bien que peu de temps après Boulez parle de mouvement brownien dans *Penser la musique aujourd'hui* pour le contrôle de la spatialisation sonore

[79] XENAKIS Iannis, « La crise de la musique sérielle », Gravesanner Blätter n°1, 1955, p.2-4 , https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2020/11/1955-%C2%AB-La-crise-de-la-musique-se%CC%81rielle-%C2%BB-Gravesaner-Bla%CC%88tter-n%C2%B01-1955-p.-2-4.pdf (consulté le 25 aout 2025)

[80] VARGA, Bálint András, *Conversations with Iannis Xenakis. London* : Faber and Faber, 1996. ISBN 978-0-571-17959-6

[81] En 1952, Messiaen à composé avec l'aide de Pierre Henry la pièce Timbres-Durée. La pièce pour trois magnétophones utilisait une répartition spatiale (Bonnet 2006) disponible (avec les pièces les études de Boulez) sur le disque Archives GRM - Les visiteurs de l'aventure concrète (2006). Une version mono avec spectrogramme est disponible sur youtube : https://youtu.be/IABC7oLiLos?si=QEQgSo_eepfeeejh (consulté le 17 juillet 2025)

[82] La date (1957) correspond à la fin de la période initiale de composition. La période de travail s'étend de 1955 à 1957, avec des développements ultérieurs entre 1958 et 1963. L'œuvre est célèbre pour être restée inachevée, ce qui fait partie intégrante de son identité conceptuelle.

et la *musique concrète* (Paris). En 1953, lorsqu'à la Radio de Cologne Stockhausen commence *Studie I*, il le fait ostensiblement *sans* sons concrets, pour marquer sa différence. Cependant, dès la fin des années 50 les frontières s'estompent : Stockhausen utilise des sons concrets (des chants d'oiseaux, des bruits) dans *Gesang der Jünglinge (1956)* et surtout *Hymnen* (1965–66) qui échantillonne des hymnes nationaux ; inversement, Schaeffer accepte l'usage de générateurs électroniques (il passera commande à Jean-Claude Risset de son œuvre Mutation en 1969 ce qui introduira la première œuvre réalisée par synthèse numérique au catalogue du GRM). Ainsi, plus que de conflits, il faut parler de dialogues à distance : chacun a observé les avancées de l'autre et s'en est inspiré à sa manière.

Les distances esthétiques entre les quatre compositeurs cités étaient considérables — tant sur la conception du son que sur le rôle de la structure ou de l'intuition. Toutefois, leurs critiques réciproques ont joué un rôle moteur dans l'évolution de la musique du XXe siècle : en se défiant l'un l'autre, ils ont affiné leurs idées. Xenakis, par sa charge contre le sérialisme, a incité Boulez et Stockhausen à assouplir leurs méthodes dans les années 1960. Boulez, par son exigence de formalisation, a poussé Schaeffer et les siens à théoriser davantage leurs pratiques (d'où le Traité de Schaeffer en 1966)[83]. Schaeffer, par son empirisme, a rappelé aux autres l'importance de l'expérience perceptive. Et Stockhausen, par son succès à intégrer espace, timbre et structure, a fourni des modèles foisonnants qui ont infusé au point de saturer certains espaces… Sur le plan institutionnel, chacun a occupé un territoire : Schaeffer dans la radio publique (ORTF) puis les prémisses de la recherche/création, Boulez dans les institutions nationales et internationales (BBC, NY Philharmonic, puis IRCAM/Pompidou), Stockhausen en électron libre soutenu par la WDR et les subventions allemandes, Xenakis en créateur indépendant adossé alternativement à son propre centre le CEMAMu pour l'informatique musicale et les universités américaines pour des résidences. Boulez a pu être accusé de marginaliser des esthétiques qu'il n'aimait pas lorsqu'il dirigeait l'IRCAM, néanmoins, avec le temps, ces clivages se sont estompés face à la reconnaissance commune de l'importance de l'espace sonore. Aujourd'hui, on lit volontiers les parcours de ces compositeurs comme convergents vers un même but : élargir le champ de la perception musicale. Leurs oppositions ont cédé le pas à une influence mutuelle diffuse qui transparaît chez la génération suivante de compositeurs.

2.3.3 Un héritage actuel aux dimensions mondiales

Plus d'un demi-siècle après les premières expérimentations, les héritages de Stockhausen, Xenakis, Boulez et Schaeffer en matière de spatialisation sonore sont omniprésents dans la création musicale contemporaine, en Europe comme en Amérique et au-delà. Leurs idées ont essaimé non seulement dans le milieu de la musique savante, mais aussi dans les technologies du son, les musiques populaires et les arts multimédia.

[83] SCHAEFFER, Pierre. *Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire*. Paris : Seuil, 1966, 720 p.

En Europe, cet héritage se manifeste par la pérennité des institutions et ensembles qu'ils ont fondés ou inspirés. À Paris, l'IRCAM demeure un centre de référence mondiale pour la recherche et continue de créer des œuvres intégrant des projections sonores sophistiquées en temps réel. Le GRM de Schaeffer, intégré à l'INA, est toujours actif et renommé, organisant des concerts acousmatiques où l'Acousmonium fait résonner les œuvres de jeunes compositeurs, comme celles des anciens (les *Concerts Multiphonies* perpétuent la tradition du *« faire voyager le son »* chère à Schaeffer). L'influence institutionnelle de Boulez s'étend également via les nombreux ensembles de musique contemporaine qu'il a inspirés (Ensemble Modern, Klangforum Wien, etc.), sensibles à la dimension spatiale — nombre d'entre eux ont des ingénieurs du son spécialisés en diffusion sonore pour valoriser l'espace dans les concerts.

En Amérique du Nord, on retrouve aussi des traces tangibles de cet héritage. Aux États-Unis, si Boulez n'y a pas créé d'institution, son passage à la tête du New York Philharmonic (1971–77) a laissé une marque : il y introduisit un répertoire contemporain et des pratiques nouvelles (concerts en « rug concerts » où le public pouvait s'assoir autour des musiciens, modifiant de facto l'écoute spatiale). Surtout, l'influence de Schaeffer et de Stockhausen y a été déterminante pour la naissance des centres de musique électronique dans les universités (Columbia-Princeton Electronic Music Center, 1958, dirigé par Ussachevsky et Otto Luening) et des collectifs expérimentaux (le San Francisco Tape Music Center dans les années 1960, où des figures comme Pauline Oliveros et Morton Subotnick ont exploré la diffusion sonore).

Le compositeur Henry Brant, mentionné en introduction, a reçu en 2002 le Prix Pulitzer pour son œuvre *Ice Field*, preuve d'une reconnaissance officielle de la musique spatiale aux États-Unis ; Brant se réclamait de Charles Ives, mais également de Varèse, et il a enseigné par la pratique l'importance de la dimension spatiale. On peut également noter qu'au Canada, l'école acousmatique (avec Francis Dhomont, Robert Normandeau) s'est développée dans la lignée directe de Schaeffer, Montréal devenant un pôle d'innovation en diffusion multicanal dans les années 1980–90. Ainsi, sur le continent nord-américain, l'héritage se fait sentir tant dans la formation (enseignements de la composition électroacoustique incluant la spatialisation) que dans la production technologique.

L'héritage de ces quatre compositeurs est multiple et global. Sur le plan esthétique, ils ont élargi la conscience artistique de l'espace, inspirant les compositeurs à penser la musique non plus seulement en termes de notes et de rythmes, mais aussi de trajectoire, de volumes, de distances. Sur le plan technique, leurs innovations (du potentiomètre d'espace de Schaeffer aux haut-parleurs tournants de Stockhausen, en passant par l'UPIC de Xenakis et les logiciels de l'IRCAM) ont été les jalons d'une évolution qui mène aux environnements immersifs actuels (Dolby Atmos, installations multisensorielles, etc.). Si des divergences de vues ont pu les opposer en leur temps, Stockhausen, Xenakis, Boulez et Schaeffer apparaissent rétrospectivement comme les quatre piliers d'une révolution copernicienne en musique : le passage d'une esthétique centrée sur la hauteur (et l'œuvre fixée sur partition) à une esthétique englobant l'espace

et le son pour lui-même. Leur legs est vivant, dans chaque concert acousmatique, chaque spectacle de musique mixte, chaque performance où l'auditeur vit une expérience sonore immersive — autant de situations devenues courantes grâce à la vision novatrice de ces compositeurs. En définitive, leur influence conjointe, faite de dialogues et d'oppositions, a contribué à libérer la musique de sa « cage » frontale pour en faire un art rayonnant dans tous les espaces et pour tous les publics.

2.4 Raymond Murray Schafer et Jean-Claude Risset, une complaisance aux antipodes

2.4.1 R. Murray Schafer et le paysage sonore

Contemporain de la génération post-Schaeffer, le Canadien R. Murray Schafer a développé dans les années 1970 une perspective radicalement différente sur l'espace sonore, en s'intéressant non pas aux sons isolés en studio, mais à l'environnement sonore global dans lequel nous vivons au quotidien. Schafer forge le concept de *paysage sonore* (*soundscape*) pour désigner « notre environnement acoustique, la gamme incessante de sons au milieu desquels nous vivons »[84]. Dans son ouvrage fondateur *The Tuning of the World* (1977, traduit en français sous le titre *Le paysage sonore*, il propose une histoire et une philosophie du monde sonore, posant les bases de ce qu'il nommera l'écologie sonore (ou écologie acoustique). Son constat de départ est que la révolution industrielle puis l'ère électronique ont profondément transformé le paysage sonore de la Terre, souvent au détriment de sa qualité et de notre capacité d'écoute. Schafer alerte notamment sur les dangers de la pollution sonore et de la perte de hiérarchie entre les sons : il distingue à cet égard les environnements *hi-fi* (haute fidélité) — typiquement un paysage rural ou naturel où chaque son peut être entendu distinctement sur fond d'un silence relatif — des environnements *lo-fi* (basse fidélité) des sociétés modernes, saturées de bruits de fond techniques, où plus aucun son lointain n'émerge clairement[85]. Face à ce bruit de fond grandissant, Schafer prône un *« design sonore »* conscient de nos espaces de vie, afin de retrouver une empreinte acoustique équilibrée[86]. Il incite par exemple à préserver les sons identitaires des communautés — ce qu'il appelle les *marqueurs sonores* (*soundmarks*) —, à l'instar des cloches d'une église de village ou du crieur de rue d'un quartier, qui façonnent la mémoire collective d'un lieu[87]. « Une fois qu'un marqueur sonore a été identifié, il doit être protégé, car les marqueurs sonores forment l'identité acoustique d'une communauté », écrit-il ainsi.

Sur le plan réflexif, la démarche de Schafer s'oppose en partie à celle de Schaeffer. En effet, alors que Schaeffer valorisait l'émancipation du son par rapport à sa source (l'objet sonore

[84] SCHAFER, R. Murray. The Tuning of the World. New York : Knopf. 1977

[85] *Ibid.*

[86] *Ibid.* chap. 4

[87] *Ibid.* p. 240

acousmatique), Schafer critique ce *découplage* qu'il nomme schizophonie — « split between an original sound and its electroacoustical reproduction[88] » — y voyant un effet pervers de la technologie moderne. Du point de vue de Schafer, arracher un son à son contexte naturel (par l'enregistrement puis le studio) revient à *appauvrir* son sens et sa valeur écologique. Il préconise au contraire une écoute qui replace chaque son dans *l'ensemble* dont il fait partie (le milieu, la communauté). On a pu résumer cette divergence en disant que la *schizophonie* de Schafer s'oppose directement à l'*objet sonore* de Schaeffer : « schizophonia and *objet sonore* are antagonistic conceptions of the same fact » note le compositeur Francisco López. En termes esthétiques, Schafer et ses successeurs valorisent une approche *contextuelle* et même éthique du son, là où Schaeffer privilégiait une approche *abstraite et formaliste*. Par exemple, le compositeur et théoricien Barry Truax — élève de Schafer — définit la *soundscape composition* (composition de paysage sonore) par « son refus de séparer le son de sa source et de son contexte », son but étant même de réintégrer l'auditeur dans son environnement par une écoute renouvelée[89]. Cette orientation a fait émerger, à la suite de Schafer, un important courant d'art sonore environnemental et de recherche interdisciplinaire (architectes, urbanistes, biologistes…) consacré à la qualité des environnements sonores.

Techniquement, Schafer inaugure une pratique de recherche de terrain et de composition in situ. En 1971, à l'université Simon Fraser (Vancouver), il lance le World Soundscape Project (WSP), première étude systématique des paysages sonores du monde. Avec ses collaborateurs, il collecte des enregistrements dans divers milieux (des villages européens aux parcs canadiens), analyse les caractéristiques acoustiques locales et publie des documents marquants, comme *The Vancouver Soundscape*[90] (1974) et *Five Village Soundscapes*[91] (1977). Ces études mêlent statistiques (niveaux sonores, fréquences) et observations qualitatives (identification des sons clés, des signaux sonores, etc.) pour dresser un portrait sonore de chaque environnement. Schafer développe ainsi une terminologie foisonnante pour décrire le paysage sonore : *sons fondamentaux* ou *toniques* (le fond sonore omniprésent, ex. le bruit de la mer dans un port), *signaux* (sons saillants intentionnels, ex. sirènes, cloches) et *soundmarks* (sons uniques emblématiques d'un lieu). Il propose une notation graphique du paysage sonore et des exercices pédagogiques pour affiner l'écoute critique du public[92]. Par ces outils, Schafer cherchait autant à fonder une *esthétique* du paysage sonore qu'à impulser une *action* : l'écologie sonore se veut en effet prescriptive, invitant musiciens, citoyens et décideurs à *composer* un meilleur environnement auditif (par exemple, en planifiant des *zones de calme* dans les villes, en réduisant les nuisances industrielles, etc.).

---

[88] SCHAFER, 1977, *op. cit.* p 90

[89] TRUAX, Barry. *Acoustic Communication, Norwood (*New Jersey) : Ablex Publishing, 1984, 244 p.

[90] SCHAFER, R. Murray. *The Vancouver Soundscape*, Vancouver, The World Soundscape Project, 1974.

[91] SCHAFER, R. Murray. *Five Village Soundscapes*, Vancouver, ARC Publications, 1977

[92] SCHAFER, *Tuning of world,* 1977, *op. cit.* p 90

En tant que compositeur, Schafer intègre aussi concrètement la dimension spatiale dans certaines œuvres artistiques. Il a conçu des pièces faisant interagir les musiciens avec le *plein air*. L'exemple emblématique est *Music for Wilderness Lake* (1979), performance à l'aube et au crépuscule où douze trombonistes sont disposés en cercle autour d'un lac et dialoguent avec l'écho naturel de l'environnement. Ici, le site fait partie intégrante de l'œuvre : l'espace réel (la surface de l'eau, la distance entre musiciens et public réparti autour) crée des effets acoustiques (échos, déplacements du son) constitutifs de la musique. De même, dans son théâtre en plein air *The Princess of the Stars* (1981), Schafer place public et musiciens au bord d'un lac à l'aube, les sons émanant de barques lointaines ou de la forêt, jouant sur la perception des distances et de la spatialisation naturelle. Ces œuvres illustrent l'idée que l'environnement lui-même peut devenir orchestre — prolongeant en un sens la vision de *« la nature comme une vaste composition musicale dont nous sommes tous les interprètes »*. Historiquement, Schafer se situe donc à la croisée de la musique contemporaine et des préoccupations environnementales émergentes des années 1970. Son influence dépasse le cadre strictement musical : il est souvent cité comme le père de l'acoustique environnementale moderne et son œuvre a sensibilisé des générations d'artistes sonores, d'écologues et de géographes à l'importance de l'écoute de l'espace. Si Pierre Schaeffer avait ouvert l'espace intérieur du haut-parleur, Murray Schafer nous rappelle l'importance de l'espace extérieur du monde audible, et il redonne à l'oreille son rôle d'organe de connaissance de l'environnement. En ce sens, leurs démarches — apparemment opposées — peuvent être vues comme complémentaires : l'une explore le potentiel créatif de la fracture entre son et source, l'autre milite pour la réconciliation entre l'auditeur et le milieu sonore.

Pierre Schaeffer et Raymond Murray Schafer partagent une conviction : il faut éduquer l'oreille. Le premier le fait en isolant l'oreille de la vue, le second en la reconnectant au monde, mais dans les deux cas il s'agit de rendre l'auditeur plus conscient, plus actif dans sa manière d'écouter. Les deux ont aussi un côté *humaniste* : Schaeffer voyait sa musique concrète comme un *jeu* (au double sens de *play*) pour explorer de nouvelles expressions, Schafer voyait la sensibilisation aux paysages sonores comme une forme de *prise de conscience* culturelle et écologique. Par ailleurs, la pratique de l'enregistrement sonore inaugure chez l'un comme chez l'autre une nouvelle attention à des sons autrefois négligés (les bruits du quotidien chez Schaeffer, les ambiances rurales chez Schafer).

2.4.2 Jean-Claude Risset : la synthèse du son et les espaces virtuels

Le compositeur français Jean-Claude Risset apporte une perspective majeure, à la fois scientifique et artistique, sur la spatialisation sonore. Physicien de formation et musicien, Risset fut l'un des pionniers de la synthèse numérique du son dans les années 1960, travaillant au Bell Labs (USA) aux côtés de Max Mathews. Son ambition, dès cette époque, était de *« composer le son lui-même »* en prolongeant l'acte créateur jusqu'à la microstructure des timbres[93] — une

[93] DUFOURT, Hugues. « Les Bases théoriques et philosophiques de la musique spectrale », revue Kairos n°21/2003, « Philosophie et musique », Presses Universitaires du Mirail, p.227-282.

démarche qui l'a conduit à élaborer de nouveaux modèles de synthèse et à découvrir des phénomènes psychoacoustiques inédits (comme l'illusion de la gamme infinie ascendante, dite glissando de Shepard-Risset, ou l'illusion de rythme accéléré sans fin). Si les premières recherches de Risset portaient surtout sur le spectre sonore (analyse et recréation de timbres instrumentaux, sons inharmoniques, etc.), il s'est également intéressé aux possibilités de spatialisation offertes par l'outil informatique.

Dès la fin des années 1960, Risset rencontre le chercheur américain *John Chowning* — inventeur de la synthèse FM et pionnier de la simulation du mouvement sonore par ordinateur que Chion et Rebeil décrivent de manière très claire dès 1978[94] :

> John Chowning, à l'Université de Stanford aux U.S.A., a mis au point une technique de création de timbres d'une économie et d'une simplicité remarquables. Il utilise à ces fins la modulation de fréquence, en choisissant un même ordre de grandeur pour la fréquence modulante et la fréquence modulée, contrairement à l'habitude en radioélectricité : l'interprétation en est donc entièrement différente. Même si le hasard (une erreur de programme) — dont les avatars ont été questionnés et explorés avec une ténacité toute scientifique — a présidé à cette découverte, il faut reconnaître que cette idée est très naturelle : elle consiste, plutôt que de construire un spectre par addition de ses partiels élémentaires, à employer une fonction mathématique dont on sait qu'elle peut théoriquement se développer en somme de fonctions sinusoïdales. En ce sens, cette méthode revient à condenser en une seule expression implicite un grand nombre de spécifications. John Chowning a donné une importance particulière à ce procédé en systématisant, pour la synthèse des sons instrumentaux, la notion de timbre comme spectre dynamique (notion qui apparaissait déjà dans l'étude des sons de trompette poursuivie par J.C.Risset dans les laboratoires de la Bell Téléphone) : grâce à cette seconde idée, les sons reproduits sont animés d'une « vie » (ou si l'on préfère d'une cohérence) interne qui emporte la conviction. Enfin, il nous faut signaler que John Chowning a par ailleurs mis au point des programmes simples et intuitifs de réverbération, spatialisation et localisation du son, dont on imagine sans peine l'intérêt.

Ces deux inventions feront la renommée de Chowning avec des applications qui perdurent depuis.

Chowning et Risset échangent sur leurs travaux respectifs, l'un sur la spatialisation algorithmique, l'autre sur la synthèse timbrale, inaugurant l'idée que l'ordinateur peut simultanément contrôler les paramètres internes du son produit et l'emplacement où il le produit[95]. Cependant, ce n'est véritablement qu'à partir des années 1980-90, avec la généralisation des systèmes informatiques temps réel, que Risset intègre concrètement la dimension spatiale dans ses œuvres. Installé à l'Université de Marseille-Luminy et collaborant avec le Groupe de Musique Expérimentale de Marseille (GMEM), il élabore des pièces multiphoniques exploitant les avancées technologiques en la matière. Un exemple marquant est Resonant Sound Spaces (2002), œuvre

---

[94] CHION Michel et REIBEL Guy, *les musique électroacoustiques*, INA-GRM édisud, 1976 p. 282

[95] CHOWNING John. « The Simulation of Moving Sound Sources » Computer Music Journal, Vol. 1, No. 3. 1977, p. 48-52.

sur support multipiste (jusqu'à 8 canaux) qu'il qualifie lui-même de *« mise en espace »* de sa pièce antérieure *Resonant Soundscapes*. Pour réaliser cette spatialisation, Risset a utilisé le système numérique *Holophon*[96] — développé par Laurent Pottier — permettant de contrôler précisément la diffusion du son dans un ensemble de haut-parleurs[97]. Le résultat, explique-t-il, transforme les *soundscapes* initiaux en de véritables *sound spaces* immersifs. La spatialisation y est pensée comme un moyen d'augmenter la clarté et la richesse de l'écoute : *« La dissémination spatiale des sons accentue le relief au sens propre comme au figuré, elle augmente la capacité de l'écoute à démêler le fouillis des composantes simultanées […] et propose aussi des figures spatiales »*[98]. Autrement dit, en répartissant les différentes sources sonores dans l'espace multicanal au lieu de les mélanger en stéréo, on crée une sorte de relief auditif qui facilite la perception de chaque détail et permet de nouveaux effets formels comme par exemple des jeux de questions-réponses entre sources éloignées, ou des trajectoires tournoyantes autour de l'auditeur. Risset évoquera souvent la spatialisation sonore à travers les travers de Chowning, qui aura selon lui proposé les expériences les plus convaincantes en la matière, ne relevant pas de la simple distribution de sons fixes dans l'espace, mais de la mise en jeu des mécanismes perceptifs qui participe à l'illusion d'un espace mouvant. C'est ce qu'il admire dans *Turenas* : avec seulement quatre haut-parleurs, l'œuvre donne à entendre un espace ample et mobile, entièrement recréé par l'audition grâce à un usage précis des indices sensoriels — intensité relative, proportion entre direct et réverbéré, effet Doppler[99]. Risset composera de nombreuses œuvres pour quatre ou huit canaux en utilisant les principes de Chowning.

Du point de vue esthétique, Jean-Claude Risset s'inscrit à la confluence de l'héritage schaefférien et des avancées de la recherche scientifique. À travers *An Introductory Catalogue of Computer Synthesized Sounds,* Risset met en place un ensemble de formules qui présentent la synthèse informatique comme l'ouverture d'un nouvel univers sonore à explorer[100]. Alors que Schaeffer procédait de façon empirique en analysant les sons concrets, Risset adopte une démarche de modélisation, qui permet de générer le son *ex nihilo*. Il utilise le langage informatique de Max Mathews Music-n pour engendrer des sons en contrôlant totalement leurs espaces paramétriques (spectre, enveloppe, localisation spatiale…), permettant ainsi de comprendre à rebours les mécanismes de l'audition humaine. Il trouvera un espace de convergence entre les sons naturels et les sons de synthèse. Dans sa pièce *Sud* (1985), il combine des sons de vagues

---

[96] POTTIER, Laurent. « Dynamical spatialization of sound. HoloPhon : a graphic and algorithmic editor for Sigma1 », Proc. of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx), Barcelona, Spain, 1998

[97] RISSET, Jean-Claude, ARFIB, Daniel, DE SOUSA DIAS, António, LORRAIN, Denis, POTTIER, Laurent. « De Inharmonique à Resonant Sound Spaces : temps réel et mise en espace », Journées d'Informatique Musicale, May 2002, Marseille, France. ⟨hal-02982725⟩

[98] *Ibid.*.

[99] RISSET, Jean-Claude. « Quelques points de vue sur l'invisible », Filigrane 2, 2005, DOI : https://doi.org/10.4000/12i1z

[100] RISSET, Jean-Claude. *An Introductory Catalogue of Computer Synthesized Sounds*, New Jersey, Murray Hill, 1969, réédité dans le livret de *The Historical CD of Digital Sound Synthesis,* WERGO « Computer Music Currents 13 », 1995, WER 2033-2 282 033-2.

enregistrés en Méditerranée avec des sons de synthèse numérique imitant le vent et des textures électroniques en mouvement, créant une évocation poétique d'un paysage sonore marin imaginaire. Risset part de *sons réels* (le champ sonore d'un littoral), mais les transforme et les spatialise artificiellement pour construire une œuvre qui dépasse l'environnement concret tout en s'en inspirant. D'une certaine manière, Risset propose des *espaces virtuels* qui prolongent le réel : grâce à la synthèse numérique, il peut imiter les résonances d'un espace architectural, exagérer un effet d'écho ou de rotation impossible dans la nature, et ainsi créer des expériences auditives inédites.

Sur le plan historique, Jean-Claude Risset occupe une position charnière. Il fait partie de la première génération de compositeurs-informaticiens (avec Lejaren Hiller, Max Mathews, John Chowning…) qui, dans les années 1960, ont ouvert la voie de la musique par ordinateur. Ses travaux des années 1970-80 ont directement inspiré le courant de la musique spectrale en France : des compositeurs comme Hugues Dufourt ou Tristan Murail ont reconnu l'importance des découvertes de Risset sur la structure du son et la perception. En termes de spatialisation, Risset suit l'exemple de son ami John Chowning qui, avec Turenas (1971-1972), est le premier compositeur de computer music à avoir posé les bases de la spatialisation sonore utilisant les principes de psychoacoustique pour créer un type de composition spatiale réellement cinétique, c'est-à-dire qui crée l'illusion du déplacement du son, non avec l'aide d'une multiplicité de haut-parleurs, mais en simulant habilement les effets de mouvement des sources sonores avec une gestion de l'effet Doppler, de l'atténuation du signal par la distance et de son couplage avec une réverbération, conditions toujours d'actualité pour simuler efficacement le déplacement d'une source sonore.

En 2010, Risset a rédigé la préface de la traduction française du *Paysage sonore* de Schafer, saluant ainsi l'importance de l'écoute de l'environnement — preuve que, malgré des approches initiales différentes, les univers de l'écologie sonore et de la synthèse peuvent dialoguer. Risset lui-même, en scientifique humaniste, avait conscience de la dimension écologique du son en déclarant dans cette préface que les créations sonores de l'homme participent à son existence et doivent donc s'inscrire harmonieusement dans le monde vivant (Schafer 2010, préface de Risset)[101].

En conclusion, Pierre Schaeffer, R. Murray Schafer et Jean-Claude Risset ont chacun, par des chemins différents, élargi le champ de la musique en y intégrant l'espace comme paramètre essentiel. Schaeffer a ouvert l'ère du *son organisé* en trois dimensions, libérant la musique de la partition pour l'inscrire directement dans l'espace physique. Schafer a insisté sur le fait que l'espace sonore est aussi un patrimoine commun à écouter, protéger et éventuellement composer collectivement, dans une vision holistique reliant art, société et nature. Risset a montré qu'avec la synthèse, on pouvait composer le son et *façonner* des espaces sonores virtuels inouïs,

[101] SCHAFER, R. Murray, *Le Paysage sonore, Le monde comme musique*, Marseille : Wildproject, 2010, p. 441, préface de Jean-Claude Risset

tout en approfondissant notre compréhension de l'écoute humaine. Leurs positions respectives dans l'histoire de la musique contemporaine illustrent les transformations de notre rapport au son au XXe siècle : du studio analogique aux écosystèmes sonores, puis aux simulations numériques. L'écriture de la spatialisation sonore s'est ainsi enrichie de multiples approches — plastiques, écologiques, cognitives — dont Schaeffer, Schafer et Risset demeurent trois figures emblématiques et complémentaires. Leur legs invite à penser l'espace comme une dimension expressive fondamentale, porteuse de sens, de sensation et de *réflexion* sur la perception sonore du monde dans sa diversité.

2.5 Christian Clozier vs François Bayle, les canons du concert avec dispositif de haut-parleurs

Au tournant des années 1970, l'interprétation en concert des œuvres électroacoustiques fixées sur support connaît un essor décisif grâce à l'émergence d'orchestres de haut-parleurs dédiés à la projection du son dans l'espace. Deux figures majeures en France incarnent alors des approches à la fois opposées et complémentaires dans ce domaine : Christian Clozier, cofondateur de l'institut de Bourges (GMEB/IMEB), et François Bayle, directeur du GRM à Paris. Tous deux conçoivent des dispositifs pionniers — le *Gmebaphone* à Bourges et l'*Acousmonium* à Paris — pour faire de la diffusion spatiale un véritable art de l'interprétation électroacoustique en concert. Ce chapitre examine le contexte institutionnel de chacun (IMEB et GRM), compare leurs solutions techniques (le Gmebaphone vs l'Acousmonium) ainsi que leur vision du rôle de l'interprète, de l'espace et de la projection sonore, en s'appuyant sur des sources de première main. Nous verrons comment, malgré des divergences marquées par des accusations de plagiat, les démarches de Clozier et Bayle se répondent et ont conjointement contribué à définir les pratiques de la musique électroacoustique en concert.

2.5.1 Contexte institutionnel : IMEB (Clozier) et GRM (Bayle)

Le Groupe de musique expérimentale de Bourges (GMEB) est fondé en 1970 à Bourges par Christian Clozier et Françoise Barrière, devenant en 1994 l'Institut international de musique électroacoustique de Bourges (IMEB) qu'ils dirigent ensemble. Cette institution, établie en région hors de la centralisation parisienne, se consacre à la création, la recherche et la diffusion de la musique électroacoustique. Clozier et Barrière organisent notamment le festival annuel Synthèse et les Concours internationaux de musique électroacoustique de Bourges, qui attireront pendant 40 ans des compositeurs du monde entier. À travers le GMEB/IMEB, Clozier promeut le terme de *musique électroacoustique* en opposition au vocable de la *musique « acousmatique »* qu'il réfute fermement. Cette position terminologique s'inscrit dans une philosophie esthétique plus large : pour Clozier, la création électroacoustique embrasse une diversité de pratiques (musique sur supports, œuvres mixtes, performances multimédia, etc.) qu'il ne souhaite pas limiter par une définition trop étroite. L'IMEB de Bourges devient ainsi un pôle international majeur, axé sur l'ouverture esthétique et l'innovation technologique (studios

analogiques puis numériques, instruments pédagogiques comme le *Gmebogosse*, etc.), avec une attention particulière portée à la diffusion spatiale en concert.

En parallèle, le Groupe de Recherches Musicales (GRM) de Paris — créé en 1958 par Pierre Schaeffer — est confié à François Bayle qui en prend la direction à partir de 1966. Sous l'impulsion de Bayle, le GRM se positionne comme le berceau du courant de la musique acousmatique, terme que Bayle s'approprie au milieu des années 1970 pour désigner les œuvres sur support écoutées sans voir la source sonore. Bayle prolonge l'héritage de la *musique concrète* de Schaeffer en y insufflant une nouvelle orientation : celle d'une « écoute réduite » portée à son apogée, où le concert acousmatique est un *spectacle de l'écoute* pure, sans instrumentistes visibles (le « rideau de Pythagore »). Le GRM, rattaché à Radio France, bénéficie d'un contexte institutionnel solide ce qui permet de développer des outils de pointe (par exemple le système *SYTER* qui aboutit aux plugin logiciels GRM Tools) et d'organiser de nombreux concerts, cycles et ateliers pédagogiques dédiés à la diffusion acousmatique. Bayle, qui dirigera le GRM jusqu'en 1997, incarne ainsi l'institutionnalisation de la musique acousmatique en France. Notons que Bayle et Clozier se connaissent : dès la fin des années 1960, ils travaillent ensemble au GRM sous la direction de Schaeffer. Cependant, leurs rapports deviendront tendus après 1973-1974, chacun revendiquant la paternité d'innovations dans le domaine de la diffusion sonore, l'un explicitement et le second de manière plus discrète, mais non moins insistante.

2.5.2 Approches techniques : Gmebaphone vs Acousmonium

La concrétisation la plus emblématique de ces deux visions se trouve dans les systèmes de diffusion par haut-parleurs qu'ils élaborent au début des années 1970. Côté Bourges, Christian Clozier développe le Gmebaphone, présenté comme le « premier instrument de diffusion-interprétation en concert ». A Paris, François Bayle conçoit l'Acousmonium, qualifié d'« orchestre de haut-parleurs » lors de son inauguration. Bien que similaires dans leur principe général — substituer à la sonorisation stéréo classique un dispositif multi haut-parleurs immersif — le Gmebaphone et l'Acousmonium diffèrent par leur conception technique et par l'esthétique de diffusion qu'ils sous-tendent.

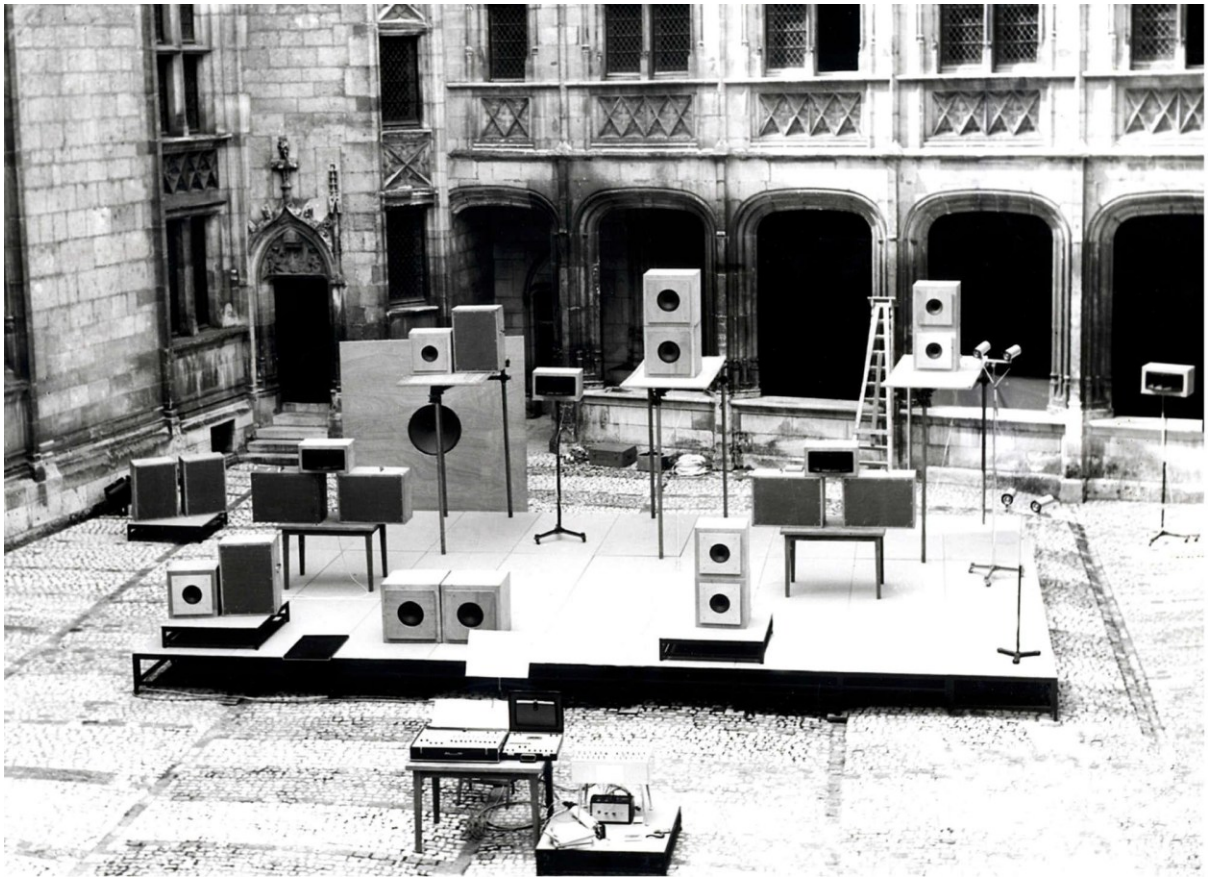


Figure 9 : Le Gmebaphone dans la cour du Palais Jacques Coeur en 1973. Source : Misame

Le Gmebaphone (1973) est inauguré le 5 juin 1973 lors du 3e Festival de Bourges, dans la cour du Palais Jacques Cœur (figure 9). Il s'agit d'un ensemble cohérent comprenant une console de diffusion sur mesure, des processeurs analogiques, des filtres, des amplificateurs et un parc de haut-parleurs variés. Clozier le définit comme un véritable *instrument*, avec son *instrumentarium* de scène (haut-parleurs, filtres…) conçu spécifiquement pour l'interprétation-diffusion de la musique électroacoustique. Une caractéristique notable du Gmebaphone est le recours au filtrage spectral : le signal à diffuser peut être réparti par bandes de fréquences entre différents groupes de haut-parleurs, chacun spécialisé dans une certaine portion du spectre. Ainsi, Clozier opte pour une séparation des voies fréquentielles afin de « donner à chaque haut-parleur un signal un peu différent » selon sa plage de prédilection (aigus, médiums, graves, etc.). Concrètement, la console du Gmebaphone ne disposait initialement que de 8 sorties, et la diffusion d'une œuvre stéréo s'opérait en monophonie distribuée, avec des filtres réglables insérés sur les sorties pour alimenter indépendamment plusieurs *chaînes de médiums* ou d'aigus, etc. Cette architecture modulable permet d'ajuster la *couleur sonore* et la dispersion spatiale en fonction de la salle, en jouant sur les caractéristiques propres de chaque haut parleur (directivité, réponse fréquentielle). La figure 10 illustre la répartition des registres de fréquence.

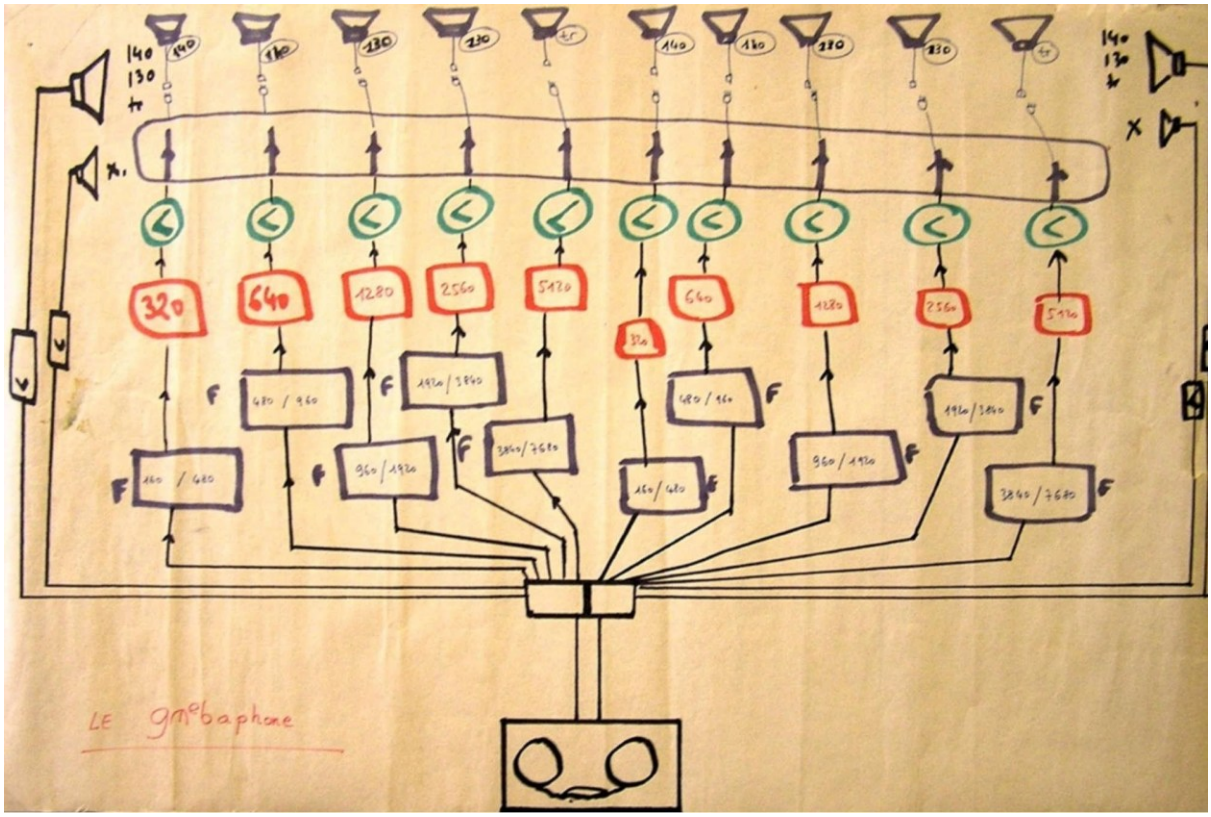


Figure 10 : Le principe de filtrage des voix à partir d'un signal stéréo dans le premier Gmebaphone[102]. Source : Misame

Selon les mots de Clozier, le concept du Gmebaphone était donc de *« répartir en plans étagés des haut-parleurs aux timbres registrés afin de créer une diffusion en perspective 3D en sorte d'établir une sorte de démixage spatial, de manifestation générative de l'espace même de la musique, induisant une interprétation et favorisant la lisibilité de la musique à l'écoute du public. »*

Le Gmebaphone connaîtra plusieurs versions et perfectionnements entre 1973 et les années 2000 (incluant sa version numérique, le *Cybernéphone*). Dès 1974, Clozier intègre au dispositif des éléments mobiles : les Antonymes, robots supportant des haut-parleurs. Ceux-ci matérialisent un « principe antinomique » audacieux, faisant se mouvoir les sources sonores elles-mêmes dans l'espace — les haut-parleurs se déplacent physiquement sur scène ou dans le public — tandis que d'ordinaire, « par le Gmebaphone, ce sont les sons qui rayonnent l'espace avec des haut-parleurs fixes ». Ces diffuseurs sonores robotisés (pivotants, montés sur chariots ou ballons) élargissent encore le potentiel scénique de la diffusion en concert, et témoignent de l'approche inventive et *multisensorielle* du GMEB, où les frontières entre concert acousmatique pur et spectacle expérimental sont poreuses.

L'Acousmonium (1974) du GRM voit le jour quelques mois après le Gmebaphone. Il est conçu par François Bayle avec l'ingénieur Jean-Claude Lallemand, et inauguré à Paris le 12 février

[102] CLOZIER, Christian. *Le Gmebaphone, concept, historique, photos, schémas*, vol. 2.1, Misame, 1973

1974 lors d'un concert du GRM (figure 11). Bayle le présente comme un *orchestre de haut — parleurs*, dont l'esthétique revendiquée est celle d'une « musique invisible » (ainsi intitulait-il un essai programmatique en 1975) mettant en scène uniquement les sons diffusés. L'Acousmonium se compose à l'origine de plusieurs dizaines de haut-parleurs (jusqu'à 80 lors de certaines configurations ultérieures), de tailles et de types variés, répartis principalement sur la scène et en périphérie de la salle. La disposition n'est pas aléatoire : Bayle organise les enceintes selon leurs « caractéristiques de performance » (bande passante, directivité, puissance), en les groupant par rôles sonores. Le système est en partie symétrique (gauche/droite) pour envelopper l'auditoire, tout en comportant quelques groupes de haut -parleurs qui jouent le rôle de « solistes » rompant la symétrie pour des effets particuliers.

Figure 11 : La première version de l'Acousmonium à l'espace l'Eglise St Séverin à Paris en 1974. Source : Kipa

L'objectif est d'obtenir une polyphonie spatiale riche et articulée : chaque haut-parleur ou groupe peut être affecté à un contenu sonore spécifique, offrant une palette de timbres et de diffusions spatiales différentes simultanément. En pratique, la diffusion sur l'Acousmonium se fait via une console de mixage multi-sorties où chaque fader contrôle l'envoi du son vers un ensemble de haut-parleurs particulier. Bayle, tout en reconnaissant implicitement l'usage de filtres pour optimiser la bande passante de certains groupes, affirme avoir préféré éviter le filtrage systématique par registre, lui préférant une approche par *couleur globale* des enceintes. Cependant, dans les faits, les premiers schémas de l'Acousmonium montrent qu'il utilisait

aussi des séparations fréquentielles comparables au Gmebaphone pour les médiums notamment. L'Acousmonium de 1974, monté en quelques mois, a essuyé des critiques lors de sa première sortie : la presse évoqua un dispositif encore fragile et des résultats « pas absolument probants » lors de cette première expérience. Néanmoins, Bayle et son équipe l'améliorent rapidement et le système deviendra l'outil central des concerts du GRM (figure 12). L'Acousmonium est pensé avant tout comme un *système de projection*, modulable selon les besoins de chaque œuvre et chaque salle, plutôt qu'un instrument figé. Sa philosophie privilégie le jeu manuel sur la console et la mise en espace intuitive : Bayle voulait que l'interprète puisse, tel un chef d'orchestre, « jouer » de l'espace en s'appuyant sur les qualités intrinsèques des enceintes, sans trop altérer le signal original (d'où sa méfiance affichée envers des filtrages excessifs).

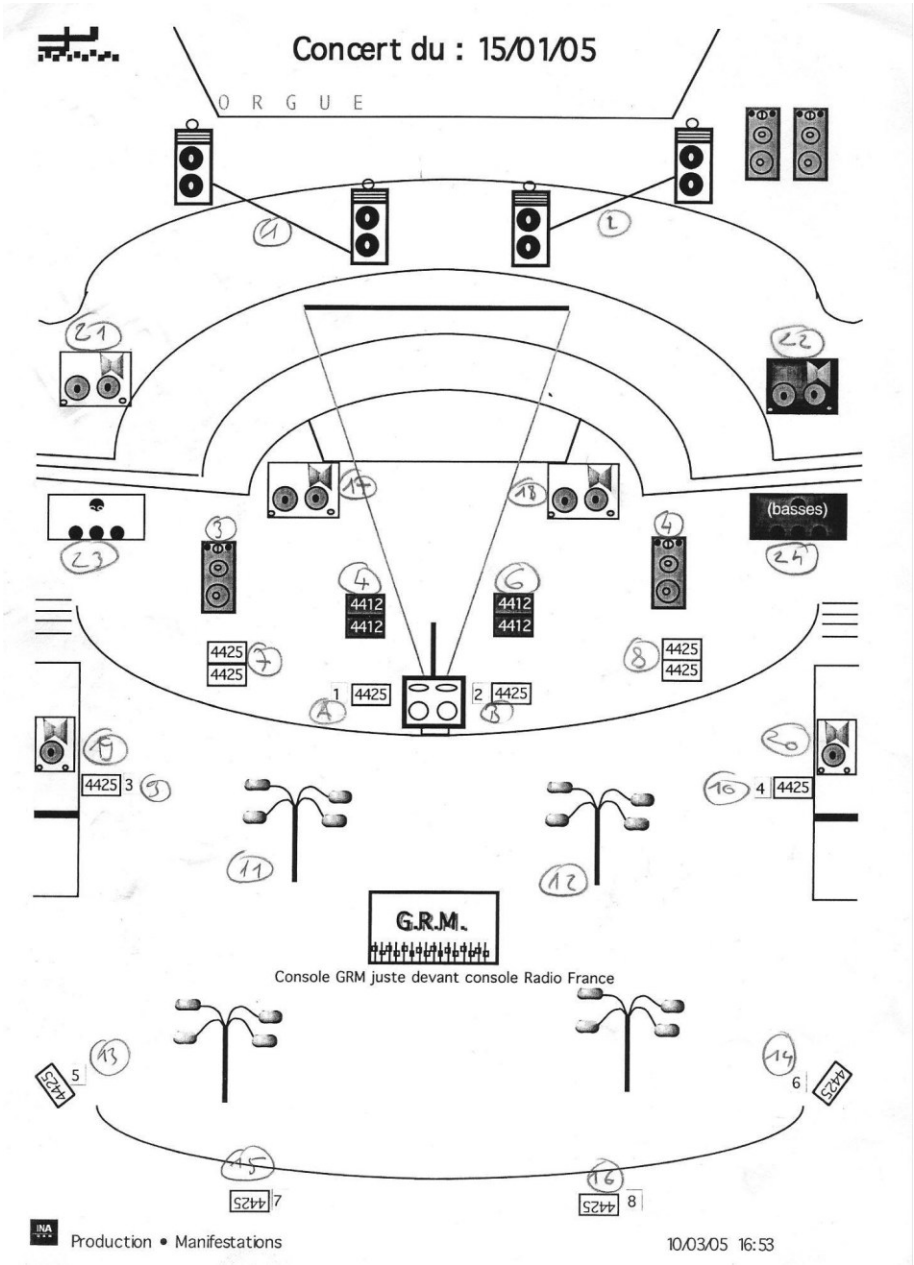


Figure 12 : Dispositif de l'Acousmonium en 2005. Source : Archive Risset

Le Gmebaphone et l'Acousmonium offrent deux solutions techniques avec des points communs (orchestration de multiples haut-parleurs, hiérarchisation des plans sonores, dimension immersive), mais aussi des différences marquées : le Gmebaphone intègre d'emblée le filtrage fréquentiel comme principe de base et se dote d'extensions ludiques (robots, spectacles multimédia), tandis que l'Acousmonium insiste sur la flexibilité « orchestre » et une certaine « pureté » acousmatique (primauté de l'oreille sur le visuel). Il est notable que ces deux systèmes sont affiliés : Bayle était présent dans le public lors de la présentation du Gmebaphone en juin 1973, signe que les échanges d'idées étaient inévitables. Cette proximité temporelle a donné lieu à postériori à des polémiques sur la paternité de l'orchestre de haut-parleurs en France. Clozier, estimant son Gmebaphone antérieur, accuse Bayle d'en avoir tiré une copie « usurpée » sous le nom d'acousmonium. Bayle, de son côté, s'est employé à souligner ce qu'il considérait comme la spécificité de son approche par opposition au filtrage spectral que pratiquait Bourges. Au-delà de ces querelles, force est de constater que ces deux dispositifs ont tous deux ouvert la voie à une nouvelle ère de spatialisation en concert, et ont inspiré d'autres systèmes par la suite (citons par exemple le *BEAST* de Birmingham créé en 1982 sur un modèle similaire, ou l'Acousmonium de Musiques & Recherches en Belgique dans les années 1980).

2.5.3 L'interprétation électroacoustique, l'espace et la projection sonore

Pour Clozier comme pour Bayle, la multiplication des haut-parleurs n'a de sens qu'en rapport avec une pratique d'interprétation renouvelée. Tous deux considèrent en effet que diffuser une œuvre électroacoustique en salle équivaut à l'interpréter, à la manière de n'importe quel musicien jouant de son instrument. Mais ils mettent l'accent sur des aspects légèrement différents, en cohérence avec leurs esthétiques respectives.

Au GMEB de Bourges, Christian Clozier prône dès le début des années 1970 l'indissociabilité de la composition et de la diffusion-interprétation. Dans sa vision, le travail du compositeur ne s'achève pas avec la fixation sur support : il doit se prolonger jusqu'à la manière dont les sons seront projetés dans l'espace du concert. Clozier introduit même le terme de « *démixage* » pour désigner cette étape finale de la réalisation d'une œuvre électroacoustique, en miroir du mixage en studio. Le Gmebaphone fut conçu précisément pour donner aux compositeurs-interprètes les moyens techniques d'effectuer ce travail d'orchestration spatiale en temps réel devant le public. Clozier insiste sur le fait que la diffusion d'une musique sur support « requiert tout autant d'attention que l'exécution d'une partition instrumentale » (idée qu'il développe par exemple dans *Composition-diffusion/interprétation en musique électroacoustique*[103], voir figure 13). L'opérateur du Gmebaphone — de préférence le compositeur lui-même ou un spécialiste formé — est ainsi comparé à un musicien-spatialisateur, dont la console de diffusion

[103] CLOZIER Christian, « Composition-diffusion/interprétation en musique électroacoustique », Académie Actes III, sous la direction de Françoise Barrière et Gérald Bennett, *Composition-diffusion/interprétation en musique électroacoustique*, Bourges : Mnemosyne, 1997, p.363, p. 52-101

est l'instrument. À Bourges, on valorise la créativité dans l'interprétation : le diffuseur peut personnaliser la présentation de l'œuvre (tout en respectant le « texte sonore » d'origine).

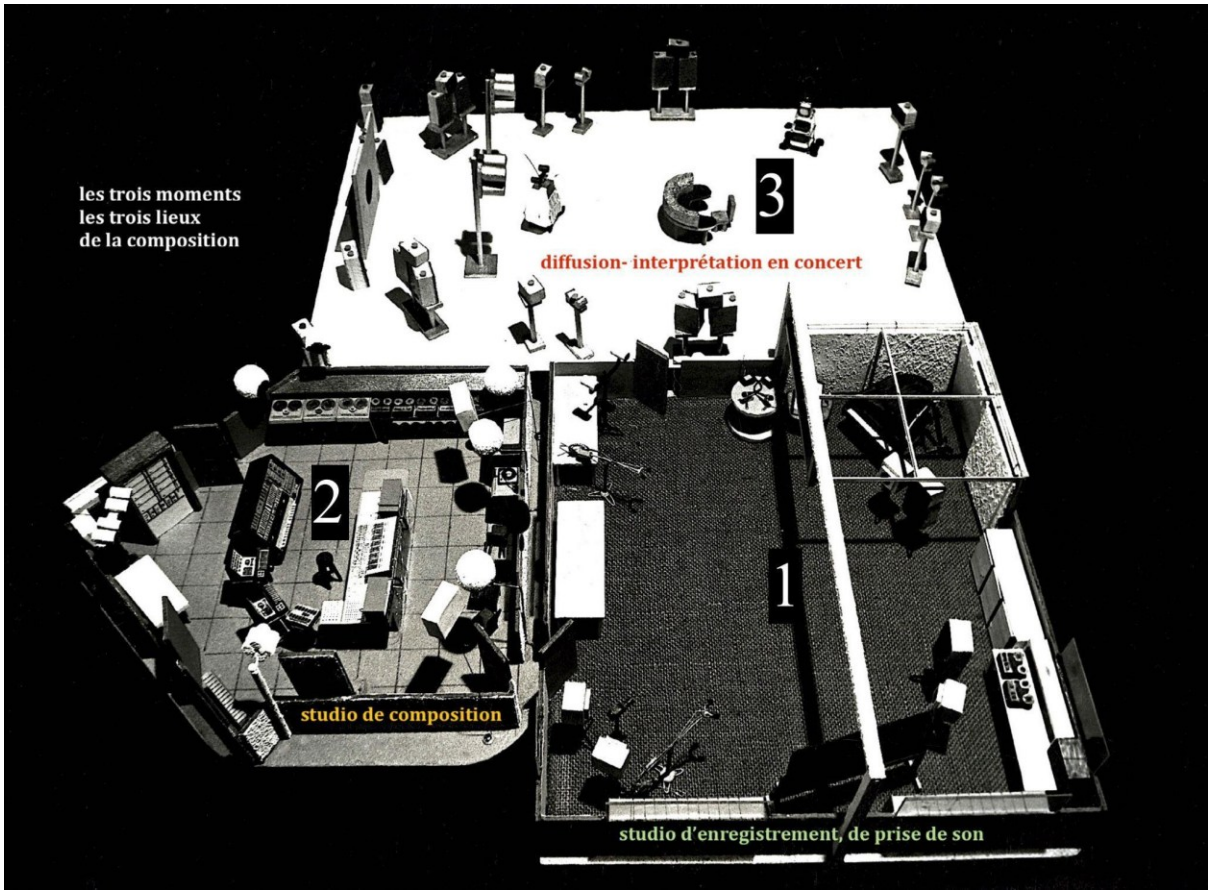


Figure 13 : Les trois moments, les trois lieux, les trois espaces de la composition selon Clozier : (1) la prise de sons (2) synthèse, directs et traités, la réalisation, montage, traitements, mixage (3) la diffusion-interprétation au Gmebaphone[104]. Source : Misame

Dans la plaquette des voeux 1974 du Gmeb, Clozier donnait cette présentation du Gmebaphone : « des ensembles de haut-parleurs registrés différemment donnent aux sons la possibilité de vivre leur vie acoustique (spatialisation naturelle, relief, dynamique, couleur…), au compositeur la responsabilité d'une réelle direction, interprétation de son oeuvre devant le public, à la musique une lisibilité des intentions qui interdit de faire n'importe quoi. »

L'Imeb encourage une *pédagogie de l'écoute spatiale* (ateliers, académie) pour former les compositeurs aux techniques d'interprétation sur haut-parleurs. Pour considérer l'espace comme paramètre musical à part entière : Clozier parle de « rhétorique sonore » et de « son-prisme », soulignant que le déploiement spatial peut mettre en valeur certaines structures de l'œuvre et en révéler de nouvelles facettes-perceptives (par exemple en isolant un détail sur une petite enceinte directionnelle, ou en enveloppant le public de réverbérations sur des enceintes distantes). L'interprétation électroacoustique est ainsi vue comme une extension du travail de

[104] CLOZIER, Christian. 3.1. Le studio Charybde, instrument de composition, https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-1_15_Charybde_Studio_instrument_p43.pdf (consulté le 13 août 2025)

composition, co-créatrice de sens. Cette approche rejoint en cela celle d'autres compositeurs de sa génération (on pense à François Dhomont[105] ou Denis Smalley[106] dans le monde anglophone) qui ont également argumenté que la projection finale est l'ultime acte de composition, « le plus crucial de tous » pour l'expérience du public[107].

François Bayle, au GRM, partage l'idée qu'une œuvre acousmatique doit être jouée en concert, et il a fortement contribué à théoriser le rôle de l'interprète acousmatique. Dans ses écrits et conférences (*Musique acousmatique, propositions… positions*[108] (1993), Bayle décrit l'acousmonium comme un instrumentarium confié à un musicien d'un genre nouveau, dont la fonction est de *projeter* les sons dans l'espace pour en révéler les images auditives et la poésie intrinsèque[109]. L'interprète sur l'acousmonium est souvent le compositeur lui-même ou un spécialiste (appelé parfois *spatialisateur*). Bayle compare ce rôle à celui d'un chef d'orchestre : « l'interprète acousmatique est en fait plutôt un chef d'orchestre qui dirige un orchestre d'un nouveau genre », c'est-à-dire la multitude de haut-parleurs. À la console, il doit doser les intensités, choisir les trajectoires et focalisations sonores en temps réel, en fonction de sa compréhension de l'œuvre et de l'acoustique de la salle. Bayle souligne toutefois une éthique de l'interprétation : le diffuseur ne doit pas *trahir* l'œuvre originale, ni chercher à la *remixer* — il s'agit de servir l'œuvre en la rendant le plus intelligible et expressive possible pour l'auditoire. Dans un entretien, Bayle a résumé cette exigence par la formule : la diffusion n'est pas un « *lancer de sons au hasard qui détruirait les intentions du compositeur* »[110]. Ainsi, l'accent est mis sur la fidélité et la transparence : l'interprète doit s'effacer derrière la musique, tout en lui insufflant vie par son geste. Le *geste* en question est principalement celui sur la console (manipulation des potentiomètres, activations de routes vers tel ou tel groupe d'enceintes). Ce geste peut atteindre une certaine virtuosité, même s'il reste moins visible qu'un geste instrumental traditionnel. Bayle a d'ailleurs organisé au GRM des cours d'interprétation acousmatique et mis en place des résidences (comme la série des concerts *Multiphonie*) où de jeunes compositeurs pouvaient s'exercer à l'Acousmonium. L'espace pour Bayle incarne l'expérience même de l'écoute. Il parle d'« espace d'écoute » et d'« espace composable » dans ses œuvres (par exemple *L'Expérience Acoustique*, 1972 au festival d'Avignon, est une exploration de la perception spatiale). L'acousmonium est conçu pour sculpter le son dans le lieu, créer des perspectives, des plans sonores, des mouvements qui correspondent à une dramaturgie interne de

---

[105] DHOMONT, La projection acousmatique, *op. cit.*

[106] SMALLEY, Denis. « Spectro-morphology and Structuring Processes ». In: Emmerson, S. (eds) *The Language of Electroacoustic Music*. London : Palgrave Macmillan, 1986 https://doi.org/10.1007/978-1-349-18492-7_5

[107] EMMERSON, Simon. (éd.). *Living Electronic Music*. Aldershot : Ashgate, 2007

[108] BAYLE, François. *Musique Acousmatique, Propositions… Positions.* Paris : INA-GRM/Buchet-Chastel, 1993, 270 p.

[109] BAYLE, François. « Pour une musique invisible : un acousmonium » In *Festival International du Son haute Fidélité Stéréophonie 1975*, Conférences des journées d'études , Paris : Radio France, 1975, p. 125-134

[110] HARRISON, Jonty. « Sound, space, sculpture: some thoughts on the 'what', 'how' and 'why' of sound diffusion ». *Organised Sound* 3, n° 2 (Août 1998), p. 117-127

l'œuvre. Bayle cherchait en somme une immersion sonore totale pour le public, où le *son* devient le protagoniste principal du concert, d'où son insistance pour limiter toute distraction visuelle.

Malgré des nuances dans leur discours, Clozier et Bayle convergent sur l'essentiel : l'évolution de la musique électroacoustique vers le concert a nécessité de repenser le rôle de l'artiste sur scène. Ils ont contribué à faire reconnaître l'interprète-diffuseur comme un musicien à part entière, et l'espace acoustique de la salle comme une dimension compositionnelle. L'un et l'autre ont posé les bases de ce qui est aujourd'hui une pratique courante : la *spatialisation en direct* d'œuvres sur support, qu'on enseigne dans les conservatoires et les universités.

2.5.4 Opposition et complémentarité

Si Christian Clozier et François Bayle ont poursuivi des objectifs comparables — valoriser la diffusion multicanale en concert et enrichir l'écoute des musiques sur support — leurs relations furent entachées d'une rivalité historique. Clozier n'a jamais accepté que l'Acousmonium du GRM, présenté quelques mois après son Gmebaphone, ait pu occulter aux yeux de certains l'antériorité de son travail à Bourges. Dans des écrits rétrospectifs, il accuse Bayle d'avoir *« inversé la chronologie »* et d'avoir construit à la hâte une copie du Gmebaphone. Les mots de Clozier à l'égard de Bayle sont durs — il évoque des « contre-vérités » et des manœuvres pour s'approprier indûment le mérite de l'orchestre de haut-parleurs. Bayle, de son côté, a eu tendance à minimiser l'importance du Gmebaphone dans ses communications publiques, insistant sur le fait que son Acousmonium aurait une philosophie différente (par exemple, en 2017, il déclarait que là où *« Bourges avait opté pour des filtrages »*, lui *« n'aimait pas du tout l'idée de filtrer »* — alors même que ses écrits de 1976 décrivaient bel et bien des chaînes de haut-parleurs filtrés)[111]. Ces divergences reflètent autant des questions d'égo que de réelles différences conceptuelles : Clozier se place dans la continuité d'une approche expérimentale large, mêlant art sonore, spectacle et technologie. Bayle s'inscrit dans une démarche de formalisation esthétique pour donner un statut et un vocabulaire à l'art acousmatique.

Pourtant, leurs travaux apparaissent largement complémentaires. D'une part, Clozier et Bayle ont chacun poussé plus loin certains aspects spécifiques : Clozier a exploré l'incorporation de la dimension visuelle/physique (avec les Antonymes, les concerts en plein air mêlant pyrotechnie et haut-parleurs flottants, etc.), là où Bayle est resté dans une épure strictement sonore ; inversement, Bayle a structuré théoriquement la notion d'écoute acousmatique et créé un cadre d'écoute privilégié (la salle noire avec ses enceintes « fantômes »), là où Clozier parlait plus volontiers de *musique électroacoustique* sans exclure la mixité des médias. D'autre part, leurs contributions s'additionnent pour donner une vue d'ensemble du champ : par leurs démarches,

[111] CLOZIER, Christian. « Pour situer la diachronie et les correspondances », vol 2.5, Misame 2022 https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-5_13_Pour_Situer_%2BBr%C3%A8ve_p29.pdf (consulté le 13 août 2025)

la diffusion sur haut-parleurs a été reconnue autant dans le circuit institutionnel national (concerts à Radio-France, INA/GRM, diffusion internationale des concepts acousmatiques par Bayle) que dans le réseau indépendant et international (festival de Bourges, fédération CIME cofondée par Clozier en 1981, etc.). Ensemble, ils ont formé des générations de compositeurs aux exigences de l'interprétation électroacoustique ou acousmatique. Il est frappant de constater que nombre d'idées initialement mises en opposition par les deux hommes se sont en réalité rejointes dans la pratique contemporaine : par exemple, les systèmes actuels de diffusion (qu'ils se disent acousmonium, multiphonie, etc.) utilisent à la fois des haut-parleurs de qualités diverses (idée chère à Bayle) et des traitements par bandes ou égalisation pour optimiser le rendu (héritage du Gmebaphone de Clozier). De même, la terminologie s'est diversifiée : le terme *« acousmatique »* s'est imposé pour un répertoire de musique sur support, mais on parle toujours de *« musique électroacoustique »* au sens large et les deux expressions cohabitent — reflétant en cela l'insistance de Clozier à ne pas réduire la musique aux seules œuvres purement acousmatiques.

En conclusion, l'opposition entre Christian Clozier et François Bayle aura été faite de controverses esthétiques et techniques significatives, à l'image de deux écoles de pensée. Toutefois, cette dualité a eu un effet stimulant : elle a obligé chaque camp à affiner ses arguments, à perfectionner ses outils, et a largement contribué à la richesse du patrimoine électroacoustique français. La *complémentarité* de leurs approches se mesure aujourd'hui dans l'héritage qu'ils laissent : la notion d'orchestre de haut-parleurs, jadis novatrice, est désormais incontournable ; le geste de l'interprète-diffuseur est reconnu artistiquement, car il pose un débat encore actuel sur la spécificité de l'interprète ; et l'espace de projection sonore est largement admis comme un paramètre de composition. Clozier et Bayle, chacun à sa manière, ont fait passer la musique électroacoustique du laboratoire au concert, en lui offrant des *instruments de diffusion* adaptés tout en forgeant les concepts pour les penser. Si Bayle a donné une âme poétique et un nom emblématique (*Acousmonium*) à l'idée d'une écoute acousmatique orchestrée, Clozier en a fait un terrain d'expérimentations modulable, ouvrant la voie à des configurations électroacoustiques inédites. L'histoire retiendra que c'est dans ce dialogue — parfois âpre, mais fécond — entre Bourges et Paris, entre IMEB et GRM et les nombreuses initiatives qu'elles ont suscitées, que la musique électroacoustique en concert a trouvé son assise et son essor à travers le monde.

2.6 De l'acousmonium aux sphères : cinq approches de l'acousmatique

L'interprétation et l'écriture des musiques électroacoustiques ont évolué suivant des philosophies diverses depuis les débuts du genre. Certains compositeurs privilégient la diffusion en concert d'œuvres sur support stéréophonique, transformant l'interprétation spatiale en un véritable art du spectacle vivant, tandis que d'autres explorent la composition directe sur support multipiste afin de maîtriser l'image spatiale dès le studio. Les figures d'Annette Vande Gorne,

Denis Dufour, Jonathan Prager, Robert Normandeau et Léo Kupper illustrent bien cette pluralité. Chacun développe une démarche technique et esthétique complémentaire des autres, parfois en désaccord critique, mais toujours dans un esprit de soutien mutuel au sein de la communauté acousmatique. Leurs pratiques s'inscrivent dans un continuum historique allant de dispositifs de multiples haut-parleurs jusqu'aux dispositifs immersifs sphériques contemporains, témoignant de filiations multiples avec d'autres courants et compositeurs.

2.6.1 Annette Vande Gorne : l'espace comme art de l'interprétation

Annette Vande Gorne, née en 1946 en Belgique, élève de Pierre Schaeffer et Guy Reibel à Paris, est l'une des figures majeures de la musique acousmatique en Europe. Elle a fondé le centre Musiques & Recherches et le festival *L'Espace du Son* à Bruxelles, dotés de leur propre acousmonium, et a formé plusieurs générations de compositeurs. Vande Gorne insiste sur l'importance d'interpréter le son dans l'espace, considérant elle-aussi la console de projection et l'acousmonium comme de véritables instruments de musique. Elle souligne que les œuvres fixées en stéréophonie offrent une grande liberté à l'interprète, qui peut en concert révéler ou créer diverses figures spatiales en fonction de l'esthétique de l'œuvre. Van de Gorne a théorisé ces pratiques dans des écrits et enseignements, identifiant dans son célèbre article « L'interprétation spatiale », seize figures de spatialisation et de multiples catégories d'espaces sonores (ambiophonique, source, géométrie, illusion) liées au format de l'œuvre. Sur le plan de la composition, son esthétique s'inspire d'une lecture approfondie de François Bayle et de la notion d'image de son. Elle compose principalement sur support fixe (stéréo ou octophonique) tout en intégrant la recherche théorique musicologique à sa création. Pour Annette Vande Gorne, la spatialisation en concert n'est pas qu'une reproduction technique : c'est un acte interprétatif et créatif indispensable pour donner vie à la musique acousmatique, sous les doigts d'interprètes qualifiés, et en déployer tout le potentiel expressif auprès du public.

2.6.2 Denis Dufour : l'acousmonium comme prolongement de l'écriture

Compositeur français né en 1953, Denis Dufour est un pionnier de l'approche morphologique et expressive du son hérité de Schaeffer. Membre de l'INA-GRM dès 1976, il a étudié avec Pierre Schaeffer, Guy Reibel et Ivo Malec, et a contribué au développement d'outils de Syter et de l'Acousmographe. Dufour a créé dès 1982 des concerts acousmatiques et fondé en 1993 le festival Futura (art acousmatique) ainsi que l'ensemble Motus en 1997, dotés de grands acousmoniums modulables. Sur le plan pédagogique, il a ouvert des classes de composition électroacoustique (CNR de Lyon, Perpignan, PSPBB) et des stages d'interprétation sur acousmonium (dès 2002). Denis Dufour a passionnément défendu l'interprétation des œuvres sur haut-parleurs, en opposition à une diffusion trop figée. Avec son collègue Jonathan Prager, il défend une spatialisation jouée en direct avec « finesse et précision » sur l'acousmonium, « par opposition à la rigidité de bandes multiphoniques préprogrammées ». Dufour considère que confier la projection spatiale à un interprète apporte une plasticité et une musicalité supérieures à une pièce multipiste où tout serait fixé à l'avance. Cela ne l'a pas empêché d'innover en

matière de support : il a lui-même composé certaines œuvres multicanal et expérimenté des dispositifs inédits de diffusion. Toutefois, Dufour reste esthétiquement attaché à la liberté de jeu qu'offre la stéréophonie en concert. Ses œuvres acousmatiques (plus de 150 au total) se caractérisent par un style personnel lyrique et iconoclaste, intégrant des phrases sonores mobiles. Ses compositions instrumentales incarnent une synthèse entre écriture minutieuse et performance vivante : pour lui, l'acousmonium prolonge l'écriture en lui apportant couleur et interaction spatiale, l'espace devenant un paramètre aussi riche que le timbre ou le rythme.

Son influence se mesure au grand nombre de structures qu'il a fondées et de compositeurs qu'il a formés, tout en ouvrant l'acousmatique à des collaborations transdisciplinaires (danse, installation, art visuel). Son esprit critique à l'égard des conventions établies (que ce soit envers certaines esthétiques du GRM ou l'excès inverse de la technicité multiphonique) a toujours visé à élargir le champ de la musique acousmatique, sans jamais remettre en cause la solidarité de cette communauté artistique de par l'organisation du Festival Futura et son intense activité de pédagogue.

2.6.3 Jonathan Prager, la virtuosité de l'interprétation au service du répertoire

Jonathan Prager (né en 1972) est l'un des rares musiciens s'étant spécialisés dans l'interprétation acousmatique au point d'en faire son activité professionnelle principale. Formé par Denis Dufour et Jean-Marc Duchenne, puis Bernard Fort, il s'est très tôt investi dans la diffusion spatiale en concert et a rejoint l'équipe du festival Futura dès 1993. Professeur de composition acousmatique (notamment au CRR de Perpignan et au PSPBB de Paris), il a parallèlement conçu et dirigé les acousmoniums de l'ensemble Motus. Son rôle d'interprète spatialisateur consiste à faire vivre avec virtuosité les œuvres du répertoire acousmatique en les projetant dans l'espace. Prager a diffusé en concert un très grand nombre d'œuvres acousmatiques, en France comme à l'étranger, devenant l'interprète attitré de nombreux compositeurs. Par son intense activité, il a démontré qu'une transmission vivante, incarnée et sensible du patrimoine acousmatique est possible au-delà du support écrit. Il défend ardemment la nécessité de faire découvrir ces œuvres au public en les interprétant plutôt que de les laisser figées sur leur support et lecture automatique. Jonathan Prager a contribué à formaliser cette discipline de l'interprétation spatiale, longtemps transmise de façon empirique. Il a développé une véritable démarche méthodologique, prenant en compte les aspects technologiques (implantation des haut-parleurs, ergonomie de la console, choix des réglages), esthétiques (respect du style de l'œuvre) et éthiques de cette pratique. Dans un document de référence qu'il a écrit et souvent mis à jour « *Introduction à l'interprétation acousmatique* », Prager décrit les paramètres d'analyse, les techniques de jeu et les exigences de préparation qu'implique l'interprétation[112].

[112] PRAGER, Jonathan. *L'interprétation acousmatique, fondements artistiques et techniques de l'interprétation des œuvres acousmatiques en concert*, INA-GRM, 2002-2014, https://inagrm.com/var/inagrm/storage/original/application/8df310919839c4dec33cd836850031b4.pdf (Consulté le 16 juillet 2025)

> La transmission, la pérennité et, osons le dire, la popularisation d'une œuvre ne peuvent s'abstraire du relai d'un interprète de métier. Tout comme dans le domaine instrumental, chaque compositeur n'a ni le don d'éternité ni celui d'ubiquité. Enfin, la fidélité à l'œuvre, médiatisée par le concert, ne peut que se perfectionner par la confiance accordée à cet interprète.

Il y souligne entre autres que l'interprète doit « servir l'œuvre avant tout », son approche valorise une interprétation humble, mais imaginative, où chaque diffusion est une recréation de l'œuvre. Sur le plan de la composition, Jonathan Prager a également écrit des pièces acousmatiques depuis 1994, dans l'esthétique de l'école française (avec parfois des touches ludiques ou poétiques personnelles), mais c'est surtout par son excellence d'interprétation qu'il a marqué le milieu. Il est reconnu pour sa virtuosité à la console, capable de déployer des dynamiques et trajectoires spatiales d'une grande finesse. Aux commandes de l'acousmonium, Prager a été comparé à un chef d'orchestre ou à un instrumentiste soliste tant il parvient à transcender la bande en une expérience vivante pour le public. Par son travail (au sein de Motus, du GRM ou d'autres concerts), il a contribué à faire émerger l'idée que l'interprétation acousmatique pouvait être une activité artistique à part entière, un art du spectacle vivant unique en son genre, complétant celui du compositeur.

2.6.4 Robert Normandeau : de l'écriture multipiste cinéma pour l'oreille au GRIS

Robert Normandeau est un compositeur québécois né en 1955 qui a joué un rôle déterminant dans l'essor de la composition multipiste en musique acousmatique. Élève de Francis Dhomont et Marcelle Deschênes à Montréal, dès la fin des années 80 il prend la voie d'une approche postmoderne et référentielle du sonore (collages, citations, rythmes empruntés aux musiques populaires). Normandeau se réclame d'un « cinéma pour l'oreille » qui est le sujet de sa thèse de doctorat soutenue en 1992, utilisant volontiers les sons pour leur charge évocatrice ou narrative[113]. Il se distingue par son désintérêt affiché pour l'interprétation en concert. Si l'expérience du rituel du concert est essentielle pour percevoir les qualités spécifiques de la musique électroacoustique, ce qui intéresse Normandeau est avant tout l'écriture en studio. Les arts d'interprétation ne l'intéressent pas, ce qui l'intéresse dans la musique c'est l'écriture. Il se considère davantage comme un écrivain, plus un peintre qu'un performeur. « Son intérêt pour le support fixe [consiste à] poser le geste exact qu'il veut poser et pas un autre, et surtout ne pas le confier à un autre[114] ». Ce credo illustre sa volonté de maîtriser entièrement le rendu sonore de ses pièces, sans laisser à un diffuseur le soin d'interpréter une spatialisation en concert. C'est pourquoi, dès le début des années 1990, Robert Normandeau s'est tourné vers la composition multicanal (octophonique, etc.), concevant l'espace comme une dimension intégrée à la structure de l'œuvre. Sa composition *Tangram* (1992) est l'une des premières à avoir

[113] NORMANDEAU, Robert. *Un Cinéma Pour l'Oreille*, thèse de doctorat, Université de Montréal, 1992 https://www.academia.edu/13207362/Un_cin%C3%A9ma_pour_loreille (Consulté le 16 juillet 2025)

[114] PRÉVOST Hélène, « Entrevue avec Robert Normandeau », CEC Montreal, 2008, transcription audio, https://econtact.ca/10_x/NormandeauRo_Prevost.html

été créées sur huit pistes distinctes. Cette approche ouvre des possibilités inouïes pour le mouvement sonore : « Quant au mouvement, pour l'apprécier véritablement, il faut absolument être en situation de multipiste[115] ». Normandeau voit dans l'écriture multipiste un prolongement naturel des méthodes de la musique concrète, ajoutant « une dimension supplémentaire, celle de l'espace réel et non plus seulement simulé […] le procédé [stéréo] a fait son temps[116] ».

Ce choix d'écriture de Robert Normandeau a nécessité de défendre les conditions de diffusion de ses œuvres. Il raconte par exemple qu'en 1994, invité par l'INA-GRM à présenter *Tangram*, il avait proposé de la diffuser en version multipiste — ce à quoi on lui répondit que *« c'était trop compliqué »*. Cinq ans plus tard, en 1999, le cycle de concerts du GRM s'intitulait… *Multiphonie*, signe que la mentalité avait évolué et que la diffusion multicanal était devenue courante. Normandeau lui-même voit depuis les années 2000 ses œuvres multipistes de plus en plus jouées en salle, à mesure que les acousmoniums et les logiciels se sont adaptés pour accueillir des pièces multicanal. Il a contribué à ce changement en développant, avec le Groupe de recherche en immersion spatiale (GRIS) de l'Université de Montréal, des outils de spatialisation en temps réel avec le logiciel SpatGRIS. Sur le plan musical, il conjugue une grande maîtrise des espaces virtuels à son goût pour les sons concrets chargés de sens, plongeant l'auditeur dans un univers immersif riche en images auditives. S'il a pu sembler à contre-courant de la tradition acousmatique française à ses débuts, Robert Normandeau en partage néanmoins l'esprit d'innovation et de rigueur formelle. Il a d'ailleurs bénéficié des liens étroits entre le Québec et la Belgique tissés par Francis Dhomont et Annette Vande Gorne dans les années 1980–90, ayant été invité en résidence chez Musiques & Recherches en 1987 à l'instigation de Dhomont. Devenu professeur à l'Université de Montréal, Normandeau continue de promouvoir l'écoute acousmatique immersive, tout en reconnaissant la complémentarité des approches : aujourd'hui, ses pièces peuvent être présentées aussi bien en stéréo sur acousmonium (avec un interprète qui adapte les niveaux) qu'en multipiste pur, selon le contexte. Outre son œuvre artistique, ses contributions ont élargi l'horizon de l'acousmatique vers une immersion tridimensionnelle. SpatGRIS[117] est le logiciel de spatialisation dont il a assuré la direction au sein du Gris. Ce logiciel distribué gratuitement est actuellement une des solutions les plus efficaces pour permettre à un compositeur de travailler en studio et de diffuser son œuvre en concert avec la même solution technique. Ainsi, toute l'écriture de la spatialisation demeure inscrite au sein des sessions DAW (digital audio workstation) qui sont à considérer comme le support d'écriture des musiques numériques spatialisées.

---

[115] BOUHALASSA, Ned, « Entretien avec Robert Normandeau », eContact!, 1999 https://cec.sonus.ca/Takes/bouhalassa_normandeau.html (consulté le 16 juillet 2025)

[116] *Ibid.*

[117] https://gris.musique.umontreal.ca/fr/ et NORMANDEAU, Robert. et al. « Spat-GRIS/ServerGRIS,Creative tools for 2D and 3d sound spatialization », Proceedings of the 2018 international computer music conference. Daegu, Korea : The International Computer Music Association, 2018, p. 291-297.

Une des autres contributions aux techniques de composition avec la spatialisation, concerne l'espace timbral, qui considère la possibilité de diviser une source sonore en bande de fréquences qui seront réparties dans l'espace comme différentes sources indépendantes les unes des autres.

Ce procédé d'éclatement spectral permet de démultiplier les sensations d'immersion dans la matière même du son. En 2012, il présente ainsi dans son article « la spatialisation timbrale ou le medium c'est l'espace » :

> Ce qui rend encore davantage unique l'expérience de l'espace en musique électroacoustique c'est la possibilité de fragmenter le spectre dans l'espace et en cela, elle se distingue nettement de la musique instrumentale. Là où nous avions un violon localisé à un endroit précis, nous avions aussi tout le timbre du violon. Alors qu'ici, il est possible de distribuer le timbre d'un son complexe en le répartissant sur l'ensemble des points virtuels disponibles. C'est ce que nous appelons la spatialisation timbrale : le spectre ne se retrouve en totalité que virtuellement dans l'espace du concert[118].

Cette technique de synthèse spatiale reconstitue l'entièreté d'un objet sonore par l'écoute de ses composantes spectrales provenant de différentes localisations. Elle génère une expérience de perception inouïe qui révèle sans équivoque les capacités de l'espace à supporter les intentions de cette écriture spécifique. Ce procédé reprend le principe du filtrage que Clozier avait implémenté dans son gmebaphone dédié à l'expérience d'interprétation en concert. Normandeau, se refusant à investir la question de l'interprétation, va quant à lui décupler les possibilités de la fragmentation spectrale par l'écriture permise par les outils audionumériques. Ces outils permettent d'écrire des courbes de contrôle affectées à tous les paramètres accessibles au traitement de filtrage : modification continue des fréquences de coupure par bandes et déplacement des sources éclatées dans l'espace.

Comparativement à ces premières approches du cinéma pour l'oreille, il considère désormais travailler d'une façon plus abstraite avec une pensée plus musicale que cinématographique, mais « si pour le public le sens est difficile à trouver, on en fabrique[119] ! », sous-entendu, l'écoute ne cherche pas le sens, elle le crée. Normandeau nous renvoie à la capacité d'imagination de tous.

2.6.5 Léo Küpper : vers une lutherie spatiale rationnelle

Léo Küpper (né en 1935) développe une approche singulière et précoce de la spatialisation sonore, antérieure et parallèle à celles d'autres figures de la musique électroacoustique. Assistant d'Henri Pousseur au studio Apelac de Bruxelles entre 1959 et 1962, Küpper s'inscrit dès

---

[118] NORMANDEAU, Robert. « La spatialisation timbrale ou le medium, c'est l'espace », Journées d'Informatique Musicale, 2012, Mons, Belgique. hal-03041744

[119] ISBISTER, Lori. « Robert Normandeau: immersion dans une carrière en composition », Quartier Libre, 9 décembre 2022 https://quartierlibre.ca/robert-normandeau-immersion-dans-une-carriere-en-composition/ et https://electrocd.com/fr/presse/7195-robert-normandeau-immersion-dans-une-carriere-en-composition (consulté le 16 juillet 2025)

les années 1960 dans une démarche expérimentale liant technologie analogique, immersion sonore et construction instrumentale. Il conçoit ses propres dispositifs, visant une projection tridimensionnelle du son dans l'espace, et affirme dès cette époque son intention d'« environner le public »[120]. Cette orientation se concrétise notamment par la réalisation de coupoles sonores, présentées à Rome (1977), Linz (1984) et Venise (1986), qui articulent l'espace de diffusion comme une architecture musicale en soi.

Ces coupoles ne sont pas de simples dispositifs techniques ; Küpper les pense comme de véritables *instruments spatiaux tempérés*, où les haut-parleurs sont organisés selon une structure rationnelle et hiérarchisée. Inspiré par l'idée d'un accord spatial, il propose une distribution des canaux de diffusion fondée sur des principes géométriques, avec une décroissance du nombre de haut-parleurs par étage. Cette organisation vise à stabiliser la perception de l'espace sonore en tenant compte de ses contraintes physiques et psycho-acoustiques.

Dans cette perspective, Küpper développe un synthétiseur modulaire à 64 sorties, relié à un réseau de 104 haut-parleurs répartis mathématiquement sur une voûte hémisphérique. Ce système permet une immersion complète de l'auditeur, exposé simultanément à une multitude de sources réparties en trois dimensions. Pour piloter ce dispositif, Küpper conçoit le *Kinéphone*, un clavier de spatialisation où chaque touche agit comme un potentiomètre individuel, modulant l'amplitude sonore en fonction de la vélocité du jeu. Ce dispositif, exigeant une technique d'interprétation proche de celle d'un pianiste, transforme l'interprète en « organiste spatial », capable de modeler en temps réel les trajectoires sonores dans l'espace (figure 14).

[120] VANDE GORNE, Annette. « Une histoire de la musique électroacoustique », in Esthétique des arts médiatiques, Presses de l'Université du Québec, Montréal, 1995, http://audiolabo.free.fr/revue1999/content/asr3_07.html (consulté le 16 juillet 2025)

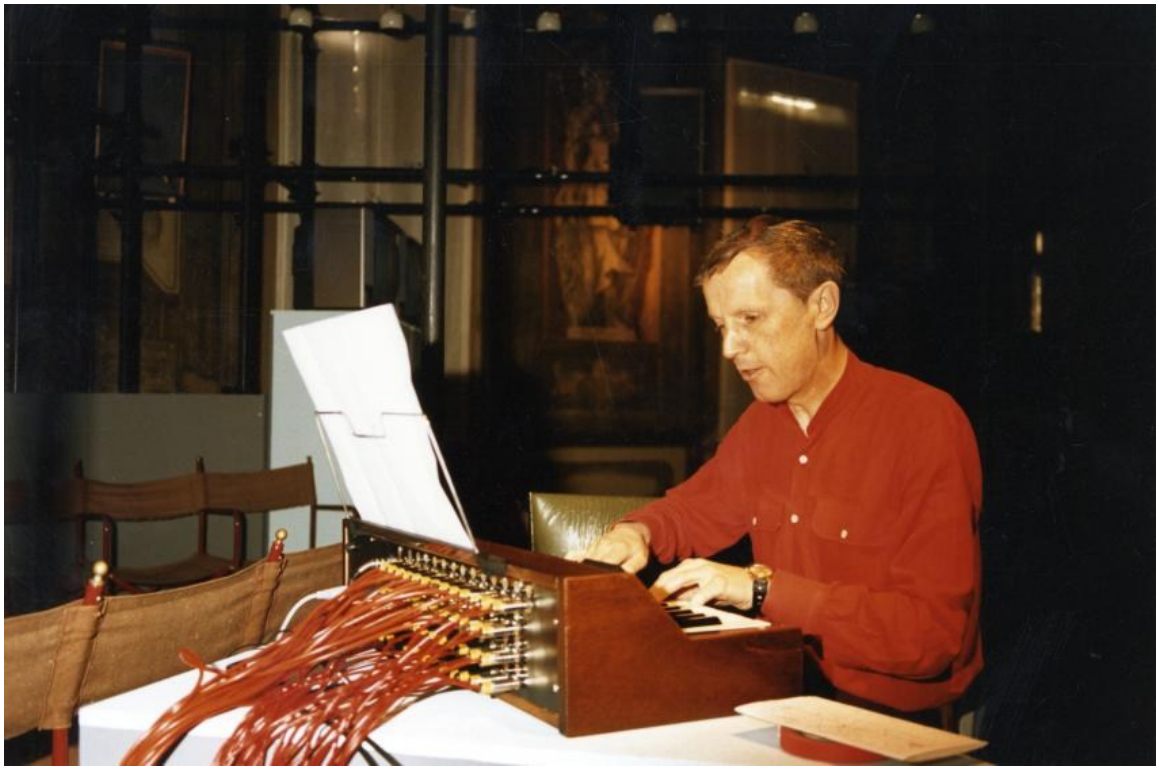


Figure 14 : Léo Küpper au Kinéphone. Source : Küpper (1986)

Küpper propose une extension théorique de cette pratique instrumentale dans *L'Analyse du paramètre spatial*[121]. Il y défend l'idée que la spatialisation sonore doit être pensée comme un paramètre compositionnel autonome, au même titre que la hauteur, le rythme ou le timbre. Il critique la « Stéréo-culture », fondée selon lui sur une réduction excessive de la dimension spatiale à un simple effet directionnel. La stéréophonie serait ainsi incapable de rendre compte de la complexité des structures spatiales élaborées. Pour Küpper, seule une approche anticipant la spatialisation dès l'étape de la composition permet de déployer les potentialités du paramètre spatial.

À cette fin, il mène des recherches psycho-acoustiques afin de déterminer les seuils de discrimination angulaire. Il établit une cartographie sphérique théorique de 6 300 points perceptibles autour du corps humain, fondée sur des seuils différentiels mesurés expérimentalement. Il propose notamment un *intervalle spatial tempéré* basé sur une subdivision angulaire de 15°, permettant une régularité dans l'organisation spatiale des événements sonores. Sur le plan horizontal, il note toutefois une capacité de discrimination plus fine, pouvant descendre sous les 2°, ce qui appelle à des écritures différenciées selon l'axe de projection que l'on peu imaginer à partir de la figure 15[122].

[121] KÜPPER, Léo. « L'analyse de paramètre spatial Des mesures psycho-acoustiques aux coupoles sonores », in *Actes III* des travaux 1997 de l'Académie Internationale de Musique Electroacoustique / Bourges, Edition Mnemosyne, 1997 p. 109-134.

[122] KÜPPER, Léo, *Musique et technologie. Tome 1 : Aventures sonores et musicales (de 1960 à 2013)*, Paris : Édilivre, 2015.

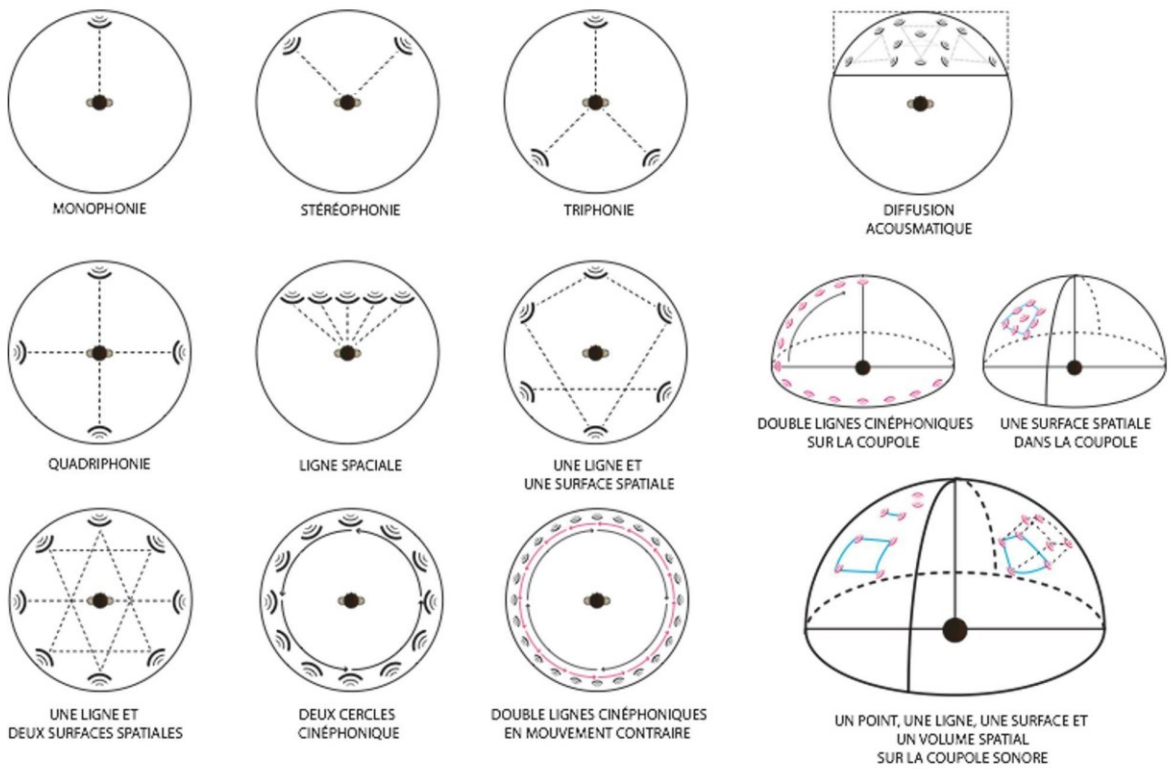


Figure 15 : Formes spatiales élémentaires selon Leo Küpper. Source : Küpper (2015)

Afin de structurer cette écriture, Küpper élabore une partition spatiale à sept étages, analogues aux lignes de la portée musicale. Ce système permet de représenter la localisation et les trajectoires des sons, tout en intégrant leurs relations avec les autres paramètres (hauteur, timbre, intensité). Cette formalisation ouvre la voie à un *solfège spatial*, avec ses propres figures (arpèges, accords, lignes, surfaces), et pose les bases d'un langage spécifique pour la composition spatialisée.

Contrairement à l'acousmonium centré sur la projection de bandes stéréo par un interprète, Küpper conçoit un modèle où composition et exécution sont fusionnées au sein d'un instrument conçu sur mesure. Ses œuvres comme *Innomine* ou *Electre* sont pensées pour être directement diffusées dans ces coupoles, annulant la distinction entre support et scène. Cette approche holistique propose une troisième voie entre la bande fixée et la performance instrumentale, par l'invention d'une lutherie spatiale spécifique.

Küpper souligne par ailleurs la nécessité d'une acculturation à ce nouveau paradigme : le développement d'un art fondé sur la spatialisation suppose une éducation perceptive, une pratique d'interprétation, et une formalisation progressive. Si les technologies sont identifiées comme catalyseurs de cette émergence, elles ne sauraient suffire sans une appropriation artistique et structurée. Ce projet trouve aujourd'hui un écho renouvelé avec la démocratisation des dispositifs de spatialisation multicanal grand public, notamment à travers le format Dolby Atmos, qui commence à permettre, près d'un demi-siècle après ses premières expériences, la concrétisation d'une culture musicale intégrant pleinement l'espace comme paramètre.

2.6.6 Conclusions : la convergence des divergences acousmatiques

En examinant les parcours d'Annette Vande Gorne, Denis Dufour, Jonathan Prager, Robert Normandeau et Léo Kupper, on mesure la richesse des approches dans l'art acousmatique. Vande Gorne, Dufour et Prager forment un courant attaché à la dimension interprétative : ils considèrent que l'écoute d'une œuvre sur support (souvent stéréo) n'est complète qu'une fois projetée dans l'espace par un interprète expert, capable de la sublimer. Normandeau et d'autres, sans renier l'écoute acousmatique, ont mis l'accent sur l'écriture intégrale : pour eux, la spatialisation doit être prévue par le compositeur lui-même (en multipiste), afin d'offrir à l'auditeur une image sonore riche sans intervention tierce. Léo Kupper, quant à lui, préfigure l'ère de l'immersion totale, où la séparation entre composer et diffuser tend à s'effacer dans de nouveaux instruments et dispositifs.

Malgré ces divergences, ces compositeurs se rejoignent sur l'essentiel : la volonté de placer l'auditeur dans une situation d'écoute exclusive et de renouveler sans cesse les moyens d'y parvenir. Leurs débats critiques les uns envers les autres ont stimulé le milieu acousmatique. Dufour et Prager ont pu regretter le manque de « jeu » dans certaines pièces multiphoniques trop statiques, tandis que Normandeau a pu juger limitatif le conservatisme stéréophonique : ces points de vue apparemment opposés ont en réalité élargi ensemble la palette du genre. Aujourd'hui, il n'est pas rare qu'un même concert propose des œuvres stéréo des pièces multicanal, voire des dispositifs hybrides (la musique mixte étant plus à classer du côté de la musique électroacoustique, qui ne fait pas l'impasse sur l'action visuelle sur le son). Les concours internationaux et festivals sélectionnent ou programment les formats stéréo comme multipistes, signe que les deux approches coexistent. L'interprète occupe toujours une place centrale pour certaines œuvres, tandis que d'autres exploitent les dômes ou cubes immersifs qui se sont très largement répandus depuis les premières expérimentations.

Un fil conducteur demeure : l'espace est un paramètre musical à part entière, dont chaque compositeur s'empare à sa manière pour enrichir l'expérience d'écoute. Chacun des cinq créateurs étudiés a contribué, par sa pensée et sa pratique, à faire évoluer l'art acousmatique, par la pédagogie, la formalisation de l'interprétation, la création d'institutions dynamiques, l'exploration de nouvelles formes, la recherche d'une interprétation virtuose du répertoire ou l'expansion du champ spatial en composition, l'invention d'une véritable lutherie du son spatialisé. L'acousmatique, art du *« tout sonore »*, continue d'évoluer à la croisée des imaginaires d'une sensibilité résolument musicale.

A propos de terme d'acousmatique, en 1982 Michel Chion[123] se posait encore la question de la pertinence des termes :

[123] CHION, Michel. *La musique électroacoustique*, Paris : Que sais-je ? 1982

> Musique concrète, électronique, électroacoustique, expérimentale, acousmatique… ces appellations que nous avons passées en revue ne correspondent pas tant, finalement, à des genres différents, qu'à des points de vue différents sur une pratique musicale qui, en vue de l'extérieur, peut apparaître la même : musique de magnétophones, de sons en boîte, cinéma pour l'oreille… Mais à discuter indéfiniment autour de ces adjectifs, à soupeser les nuances qu'ils apportent, les démarcations esthétiques ou sociales qu'ils introduisent, on oublie de remettre en question l'essentiel : ce mot musique qui a l'air si évident.

De l'époque révolue où la « musique instrumentale contemporaine et la musique électroacoustique » formaient « deux milieux délimités et étrangers l'un à l'autre », il apparaît aujourd'hui que depuis que ces champs artistiques fusionnent en apparence, les seuls réels défis à relever sont de renouveler en permanence l'intérêt des publics à venir écouter des œuvres en concert. Pour les musiques de support, la spatialisation sonore et la qualité de sa diffusion sont précisément des paramètres qui pourront toujours justifier d'organiser des concerts et perpétuer ce qui est devenue une tradition.

2.7 Temps réel et spatialisation : trajectoires croisées chez Stroppa et Manoury

L'arrivée de Marco Stroppa et Philippe Manoury à l'IRCAM dans les années 1980 marque un tournant dans l'évolution des pratiques compositionnelles intégrant l'informatique musicale et la spatialisation sonore. Tous deux appartiennent à une seconde génération de compositeurs liés au centre, après une première phase d'expérimentation fondatrice, mais parfois conflictuelle, qui avait vu des figures comme Risset, Globokar ou Bennett quitter l'institution sur fond de divergences esthétiques et organisationnelles. Leur insertion s'effectue dans un contexte où l'IRCAM cherche à consolider sa position entre laboratoire de recherche technologique et lieu de création artistique, tout en intégrant les leçons tirées des premières expériences, notamment celles menées autour de *Répons* de Pierre Boulez, œuvre centrale dans le développement des premiers dispositifs de spatialisation et de traitement temps réel.

Stroppa et Manoury bénéficient de l'infrastructure technique mise en place pour *Répons*, notamment du système 4X, développé par Giuseppe di Giugno, qui constitue à cette époque l'un des premiers environnements opérationnels permettant un traitement temps réel du son. Leurs travaux s'inscrivent ainsi dans une dynamique de recherche-création où la composition musicale, la programmation informatique et la conception de dispositifs de spatialisation sont intimement liées. Ils collaborent étroitement avec les équipes de l'IRCAM afin d'expérimenter de nouvelles formes d'interactions entre l'interprète, la machine, et l'espace acoustique.

C'est dans ce cadre que Stroppa commence à développer une pensée de l'espace sonore comme paramètre compositionnel à part entière, en lien étroit avec la forme, le timbre et la dynamique instrumentale. Son approche de la spatialisation, qu'il distingue nettement d'un simple traitement acoustique ou d'un effet de diffusion, s'élabore au fil d'œuvres comme *Spirali* (1987-

1988), où la disposition du quatuor à cordes et des haut-parleurs crée une configuration immersive, mais sans recours à un déplacement automatisé du son. De son côté, Manoury poursuit une réflexion complémentaire sur l'interaction temps réel et la dramaturgie musicale, qui aboutira notamment à des œuvres telles que *Jupiter* (1987) ou *Pluton* (1988), écrites en collaboration avec Miller Puckette, concepteur du logiciel Max[124], outil devenu emblématique de cette période.

Les trajectoires de Stroppa et Manoury, bien que distinctes, se rejoignent dans une même volonté d'intégrer les possibilités offertes par l'informatique musicale au sein même du geste compositionnel, en refusant de considérer les technologies comme des ajouts extérieurs ou de simples auxiliaires. Leur passage par l'IRCAM, dans une période de stabilisation, mais aussi d'intensification des projets interdisciplinaires, leur permet de formaliser des modèles d'écriture où la spatialisation et le temps réel ne sont plus des domaines annexes, mais les vecteurs d'une nouvelle pensée du sonore, de sa mise en espace et de son inscription dans une dramaturgie musicale contemporaine.

2.7.1 Approches contrastées de l'électronique temps réel

À ses débuts, Marco Stroppa s'est montré critique vis-à-vis de l'engouement pour l'électronique temps réel dans la musique contemporaine[125]. Il constate qu'à partir des années 1980-90, « pratiquement chaque studio de musique informatique dans le monde » s'est équipé de machines temps réel, au point que les nouvelles applications musicales sont surtout vantées pour leurs caractéristiques temps réel (nombre de voix simultanées, oscillateurs, filtres, etc.), comme si cela était devenu le seul critère de validité. Stroppa déplore que le *temps réel* soit érigé en *« nouveau dogme, non questionné »*. Il critique le fait que la fascination technologique masque un manque de réflexion sur l'essence musicale. Il défend qu'une œuvre en temps différé (sur bande) puisse être tout aussi vivante et expressive qu'une œuvre interactive. Il cite son expérience de diffusion sonore de *Kontakte* de Stockhausen : les sons sur bande, réalisés des décennies plus tôt, lui ont semblé d'une vitalité et d'une énergie incroyables, *« bien plus efficaces que bien des pièces temps réel [qu'il avait] entendues »*. Durant l'exécution, ni les instrumentistes ni lui-même ne se sont sentis contraints par la bande fixe ; la performance *« était aussi libre et fraîche que n'importe quelle musique interprétée »*, à tel point que le public n'éprouvait aucune rigidité temporelle. Stroppa en conclut que, si le support fixe impose certes des contraintes (notamment de tempo), celles-ci peuvent être surmontées par l'écriture et l'interprétation, tandis que le recours aux dispositifs interactifs apporte *« ses propres contraintes »* et ne constitue pas une solution magique. Il souligne qu'aucun système automatique de suivi ou de synchronisation n'égale encore la finesse d'un musicien, tant la perception du temps musical est complexe et multiforme. En somme, pour Stroppa, *« l'animation interne »* de la musique

[124] PUCKETTE, Miller. « The patcher », Proceedings of the 1988 International Computer Music, 1988

[125] STROPPA, Marco. « Live Electronics Or…live Music? Towards a Critique of Interaction. » Contemporary Music Review 18 (3): 41–77. 1999, doi:10.1080/07494469900640341. (consulté le 16 juillet 2025).

électronique n'est *l'apanage d'aucune technologie spécifique* ; une bande et un interprète peuvent former un duo aussi naturel que d'autres, à condition de ne pas pousser le média dans ses extrêmes limites. Son œuvre *Traiettoria* (1981-84) pour piano et ordinateur illustre cette philosophie : Stroppa y explore *« l'espace musical entre un piano et un monde de sons synthétiques »* sans interaction temps réel stricto sensu, en composant minutieusement les sons sur ordinateur, puis en les diffusant sur support fixe. La synchronisation parfaite avec le piano est obtenue par une partition minutée et un interprète habitué au clic, tandis que la projection sonore en concert est confiée à un musicien réalisant des nuances et des équilibres en direct, comme un *« interprète virtuel »* de la partie électronique. Cette approche privilégie la maîtrise compositionnelle et l'interprétation humaine de l'électronique, plutôt que l'improvisation de la machine.

À l'opposé, Philippe Manoury s'est imposé comme un pionnier du temps réel[126]. Dès la fin des années 1980, il explore systématiquement les possibilités des nouvelles stations de calcul en temps réel à l'IRCAM. Avec l'informaticien Miller Puckette, il contribue en 1988 au développement du logiciel Max, et conçoit une véritable pensée du temps réel en composition. Manoury formule la notion de *« partition virtuelle »* : à l'instar d'une partition instrumentale traditionnelle, qui reste virtuelle tant que l'interprète n'a pas réalisé certains choix (tempo, nuances, phrasés…), la partition destinée à la machine doit ouvrir un champ de possibles plutôt que figer tous les paramètres. Il s'agit de programmes interactifs *« composés »* par l'artiste, dont le déroulement musical reste déterminé dans ses grandes lignes, mais dont les détails sont modulés *« en fonction du jeu de l'instrumentiste et en temps réel »*. Ainsi, dans les œuvres mixtes de Manoury, la partie électronique *réagit* au musicien : grâce au suivi de partition et à des algorithmes de synchronisation, l'ordinateur peut écouter l'instrument et ajuster son tempo, ses déclenchements et transformations en temps réel, créant un véritable dialogue. Cette interactivité, déjà esquissée dans *Jupiter* (1987) pour flûte, a été systématisée dans le cycle Sonus ex Machina (1987-91) où chaque pièce pour soliste (*Jupiter*, *Pluton*, *Neptune*, etc.) intègre une électronique adaptative. Manoury y voit un prolongement de l'acte d'interprétation : l'ordinateur *« joue avec l'instrumentiste, et l'instrumentiste joue avec la machine »*, dépassant la simple synchronisation pour intégrer en direct les *« valeurs relatives, vivantes, saisies sur le vif »* du jeu instrumental.

[126] CONT, Ashia. « Interaction musicale en temps réel entre musicien et ordinateur », *interstice.info*, 2011, https://interstices.info/interaction-musicale-en-temps-reel-entre-musiciens-et-ordinateur/ (consulté le 16 juillet 2025)

2.7.2 L'hybridation dans Prometeo de Luigi Nono

En 1984, avec *Prometeo*, Luigi Nono fait l'utilisation la plus avancée du plus avancé des processeurs de spatialisation de l'époque : le *Halaphon*[127]. Ce processeur créé en 1970 à la demande de Stockhausen pour la réalisation de sa pièce *Mantra* a également été utilisé par Boulez pour *Explosante-fixe*.

Luigi Nono conçoit *Prometeo, tragedia dell'ascolto* comme une expérience sonore qui réinvente l'opéra en le dépouillant de ses conventions narratives et scéniques. L'œuvre repose sur un travail approfondi de la spatialisation, de l'électronique et de l'interrelation entre espace et son.

Le concept de tragedia dell'ascolto vise à rompre avec la tradition de l'opéra bourgeois, en plaçant l'écoute au centre de l'expérience musicale[128]. Nono abandonne toute action scénique pour proposer un drame qui se déploie exclusivement dans la perception du son[129]. Cette approche repose sur un dispositif spatial et acoustique spécifique, conçu en collaboration avec l'architecte Renzo Piano. La structure en bois de la barca, semblable à une caisse de résonance à l'échelle architecturale, intègre à la fois musiciens et public, tout en permettant une distribution sonore tridimensionnelle[130]. Les parois rotatives de cette structure modulent la réverbération, offrant une variabilité du spectre acoustique qui influe sur la perception de l'espace sonore (figure 16).

---

[127] HALLER, Hans Peter. « Analog oder digital – Fragen nach einer neuen Musikästhetik », 2003, https://web.archive.org/web/20240221104208/https://www.hp-haller.homepage.t-online.de/analog%20oder%20digital.html#expand (consulter le 20 juillet 2025) Voir également : HALLER, Hans Peter. *Das Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks Freiburg 1971–1989*, Baden-Baden : Nomos Verlagsgesellschaft, 1995, t. 1 et 2.

[128] BRECH, Martha. *Der komponierte Raum: Luigi Nonos Prometeo, tragedia dell'ascolto*, Germany: Musik und Klangkultur, 2020. https://doi.org/10.14361/9783839452936

[129] MAGALHÃES, Michelle Agnes. « O estilo tardio de Luigi Nono ». Thèse de doctorat, Universidade de São Paulo, 2010. https://doi.org/10.11606/T.27.2010.tde-04112010-151812

[130] *Ibid.*

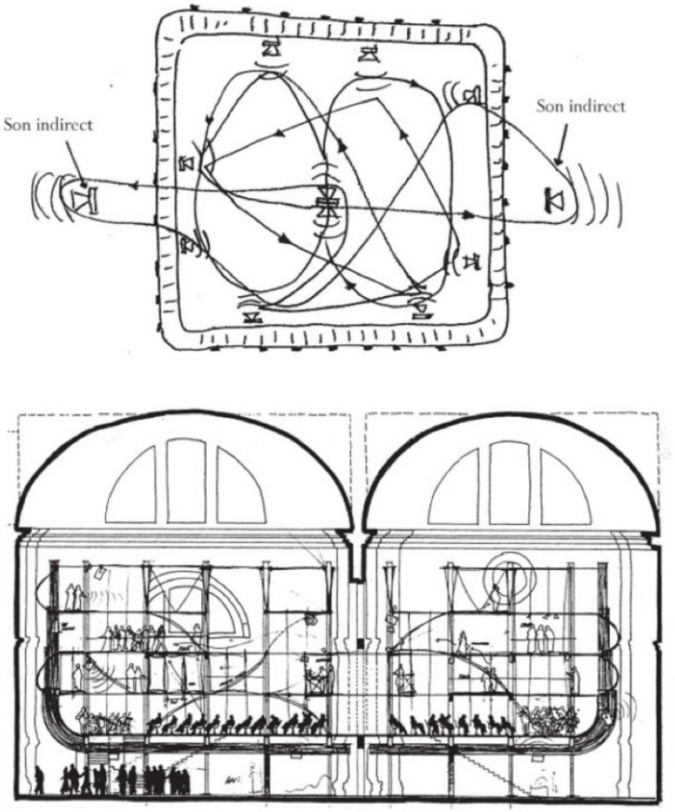


Figure 16 : Etude de Hans Peter Haller and Nono pour les trajectoires sonores et le couplage avec l'arche de Renzo Piano, source : Santini 2012 p. 280[131]

La spatialisation repose sur une organisation rigoureuse des sources sonores. Quatre groupes orchestraux sont disposés dans la barca, entourés de multiples haut-parleurs disposés sur plusieurs plans, internes et externes à la structure. Cette disposition favorise une perception dynamique du son, où les différentes couches instrumentales se superposent sans s'inscrire dans une perspective fixe. Nono explore un mouvement sonore fluide, qui échappe à une direction unique, permettant une circulation du son qui dépasse la logique traditionnelle du concert. L'emploi du Halaphon, dispositif de spatialisation en temps réel développé au studio de Fribourg, permet un contrôle précis du mouvement sonore. Cet appareil manipule la projection du son dans l'espace, en variant la trajectoire et l'intensité des signaux diffusés, conférant à l'œuvre une mobilité sonore inédite[132].

L'utilisation du traitement électronique, par le biais de la réverbération, du délai et de la transformation spectrale, accentue l'illusion d'un espace sonore en constante mutation. Nono conçoit ces transformations comme une extension de l'écriture orchestrale, où les instruments se fondent dans des textures amplifiées et diffuses, abolissant les contours nets entre le son acoustique et le son traité. Cette approche répond à une poétique du suspens, où le son semble flotter,

[131] SANTINI, Andrea. *The spatial performance of Luigi Nono*, Doctoral Thesis, 2013

[132] *Ibid.*

s'étirer et se dissiper dans un espace sans limite définie. La dimension dramaturgique repose alors sur une oscillation constante entre perception présente et écho du passé sonore.

L'absence de texte unifié dans *Prometeo* traduit la fragmentation inhérente à son écriture. Nono assemble des fragments de différentes sources littéraires, dont des extraits d'Hölderlin et de Walter Benjamin, juxtaposés sans développement linéaire. Cette fragmentation textuelle s'inscrit dans une écriture musicale qui refuse l'évolution narrative, préférant une temporalité suspendue et non résolue. La tension résulte ainsi de la superposition et de la dissolution progressive des structures sonores, plus que d'un développement thématique ou harmonique.

L'approche de Nono dans *Prometeo* pose les bases d'une nouvelle relation entre son et espace, où la perception devient une composante intrinsèque de la composition. L'expérience auditive n'est pas dictée par une forme préétablie, mais émerge des interactions dynamiques entre la diffusion sonore, la réverbération et le mouvement acoustique. Dans cette perspective, l'œuvre est une architecture de l'écoute, où l'espace se définit par la manière dont le son le sculpte et le transforme. *Prometeo* s'inscrit ainsi dans une recherche plus large sur les rapports entre perception, immersion et matière sonore, anticipant certaines tendances des musiques immersives contemporaines.

Adrien Zanni retient la notion de concept d'hétérotopie[133] utilisé par Jehanne Dautrey pour décrire la réalisation de Renzo Piano et Luigi Nono, avec cette citation[134] :

« Ce qui singularise ce dispositif architectural, c'est un nouveau rapport du dedans et du dehors. Avec le principe de l'arche, on n'est ni "dans" l'espace de l'église ni dans l'oubli de cet espace : l'arche, acoustiquement semi-ouverte, organise un filtrage sélectif des sons. De plus, elle nous situe de part et d'autre de la frontière entre deux mondes sonores. En effet, le dispositif de Piano et Nono construit une double diffusion qui dissocie les sources électroacoustiques et les sources naturelles : tandis que les auditeurs sont enveloppés dans l'arche avec les instrumentistes, les haut-parleurs diffusent la musique électroacoustique hors de l'arche, vers les parois de l'église. Dans Prometeo, le spectateur n'est donc ni en face de l'espace musical, ni situé en lui : il est de part et d'autre de cet espace, dans le même espace que les instrumentistes, tandis que les sons enregistrés sont diffusés à l'extérieur de cette enveloppe[135]. »

Haller le concepteur du Halaphon décrira sa découverte de cet espace de la manière suivante :

« L'après-midi, répétition avec Ingrid [Ade-Jesemann] et Monika [Bair-Ivenz] (soprano). Premier résultat : le son du piano et des voix pianissimo relativement sèches dans l'espace intérieur (struttura). On peut entendre les sons partout et ils sont faciles à localiser. Deuxième résultat :

---

[133] Le terme d'« hétérotopie », construit à partir des racines grecques hétéro (autre) et topos (lieu), a été proposé par Michel Foucault en 1967 pour sa conférence *Des espaces autres*. Il y caractérise les hétérotopies comme des lieux réels qui rendent manifeste une forme d'utopie, en tant qu'espaces matériels où se loge l'imaginaire.

[134] ZANNI, Adrien. *Création d'outils d'écritures de l'espace sonore pour l'interface d'un spatialisateur*, Thèse de doctorat, Paris XVIII, 2024

[135] *Ibid.*

lorsque les voix deviennent plus fortes, de mezzo-forte à fortissimo, l'espace extérieur de l'église avec sa grande réverbération commence à résonner aussi. Les mouvements sonores sont néanmoins perceptibles dans l'espace intérieur. C'est fascinant — une voix chantée dans un intérieur sec et, en même temps, selon la dynamique, un deuxième espace de résonance est mélangé, en partie par le haut, en partie par le bas et par les côtés, ce qui a pour conséquence des formations sonores entièrement nouvelles »[136].

Zanni retient la citation de Rezo : « Là où Vitruve pensait l'acoustique comme un instrument, Berlioz lui proposa plutôt que ce soit le couple musiciens-salle qui soit un instrument — où les musiciens seraient l'excitateur et la salle la caisse de résonance. Nono et Renzo Piano vont ici plus loin, la salle est transformée pour devenir cet instrument et ne fait plus qu'un avec la structure, l'ensemble des musiciens et des systèmes électroniques. Le public, de par sa présence dans la conque et son écoute, fait partie intégrante de l'instrument. »[137].

La collaboration entre Hans Peter Haller et Luigi Nono autour de *Prometeo* constitue un moment charnière pour comprendre une conception instrumentale de l'électronique en temps réel. Pour Haller, l'« électronique live » ne relève ni d'un dispositif auxiliaire ni d'un prolongement techniciste de la composition, mais bien d'un champ de pensée et d'action musicale en soi, qui requiert une attention au geste, à l'écoute et à l'espace. Dans le cadre du travail mené au sein de l'ExperimentalStudio de la Fondation Heinrich Strobel à Freiburg en Allemagne, le développement et la disposition des dispositifs — filtres, modulateurs, haut-parleurs — visaient une dramaturgie sonore plus qu'une recherche sur l'automatisation des processus. Ce positionnement se cristallise dans *Prometeo*, où l'espace de diffusion est pensé comme un véritable instrument, continuellement ajusté pendant les répétitions en dialogue direct avec le compositeur. Haller insiste sur la nécessité de rendre les dispositifs visibles et manipulables, au même titre que les instruments acoustiques, afin que l'électronique soit intégrée à la scène comme acteur sonore à part entière. Cette approche engage une nouvelle esthétique, dans laquelle la distinction entre analogique et numérique était secondaire par rapport à la cohérence du rendu acoustique, à la temporalité interprétative et à la perception de spatialisation perçue comme matière sonore[138].

2.7.3 à propos du Halaphon dans les oeuvres de Nono

Le Halaphon permet de réaliser en temps réel des trajectoires qui sont à la fois préprogrammées et interprétées en temps réel, tout en offrant une interaction dynamique et musicale durant une performance[139]. Son architecture repose sur des amplificateurs contrôlés en tension (VCA) pilotés par des oscillateurs programmables[140]. La fonction de cet appareil, co-développé par Hans

[136] *Ibid.* p. 194

[137] *Ibid.* p. 108

[138] HALLER, *op. cit.*

[139] SANTINI, *op. cit.* p. 136

[140] *Ibid.* p. 143

Peter Haller et Peter Lawo, est de réaliser des panoramiques et d'acheminer en douceur un signal audio vers différentes sorties de haut-parleurs en suivant des motifs de mouvement. Il est devenu un élément central de toutes les compositions de Nono avec électronique en direct après son arrivée au studio de Fribourg en 1980.

La création et l'édition des trajectoires se font en programmant des séquences de mouvements. L'interface du Halaphon permettait de contrôler la vitesse et la direction de chaque séquence, c'est-à-dire le taux du cycle et l'ordre dans lequel la séquence devait passer par les haut-parleurs sélectionnés[141]. Les trajectoires pouvaient être de simples rotations, mais aussi des figures plus complexes comme les mouvements en « zigzag » dans *Io, frammento dal Prometeo*[142] ou des effets d'explosion avec des rampes de temps spécifiques pour chaque canal dans *Risonanze erranti*[143]. Nono cherchait à développer des « formes irrationnelles de mouvement sonore » afin d'éviter que l'auditeur ne reconnaisse des motifs répétitifs et prévisibles[144].

Un aspect fondamental du Halaphon est que ses trajectoires sont interprétées en temps réel et ne sont pas simplement lues de manière mécanique. Le temps d'exécution, et donc la vitesse du mouvement, est souvent généré de façon dynamique. Dans *Das atmende Klarsein*, par exemple, les vitesses de rotation sont contrôlées manuellement par le régisseur du son, qui doit interagir musicalement avec l'interprète et l'acoustique de la salle. Les passages musicaux les plus doux correspondent à des mouvements lents, tandis que les moments les plus intenses déclenchent des rotations très rapides[145]. L'interaction est encore plus directe dans *Quando stanno morendo, Diario Polacco n.2*, où la vitesse du Halaphon est contrôlée par le souffle du flûtiste dans son microphone ; la dynamique de son souffle module ainsi directement la vitesse du mouvement spatial[146]. Cette approche interactive, qui transforme le geste de l'interprète en un paramètre de spatialisation, permet d'éviter toute périodicité mécanique et d'intégrer l'électronique comme une extension vivante et expressive de la performance musicale.

2.7.4 Conceptions de la spatialisation du son

Malgré leurs désaccords sur le temps réel, Stroppa et Manoury partagent un intérêt pour la spatialisation du son, qu'ils abordent toutefois différemment. Stroppa développe le concept de *« musique de chambre électronique »*, où l'électronique est traitée comme un ensemble de chambres aux multiples facettes. Dans ses pièces, il conçoit pour chaque section une disposition particulière des sources sonores : *« chaque œuvre possède une forme spatiale propre »*, souvent en plusieurs mouvements durant lesquels le musicien soliste se déplace sur scène afin de créer

[141] *Ibid.* p. 144

[142] *Ibid.* p. 206

[143] *Ibid.* p. 313

[144] *Ibid.* p. 164

[145] *Ibid.* p. 166

[146] *Ibid.* p. 222

une nouvelle configuration acoustique[147]. Il parle à ce propos d'une atmosphère de *« musique de chambre changeante »*, où l'on a l'impression que *chaque instrument (et son prolongement électronique) dispose de son plan acoustique et spatial propre* où tous les plans dialoguent intimement. Sur le plan technique, Stroppa a entrepris des recherches poussées pour composer l'espace : dans un quatuor à cordes avec électronique, par exemple, il a cherché à faire ressentir tantôt une distance, tantôt une immersion du public au milieu des musiciens. Il explique avoir défini trois types d'images spatiales — les points, les surfaces et l'espace diffus — correspondant à des modes de projection du son : *« les points »* où chaque instrument est perçu comme venant d'un point précis, *« les surfaces »* où le son d'un instrument émane d'une zone étalée, et *« l'espace diffus »* où le son semble provenir de toutes parts. Durant l'exécution, il peut *« superposer ces espaces en une sorte de polyphonie spatiale, ou alterner entre eux »*, tout en contrôlant la distance virtuelle de chaque source (proche, lointaine, médiane). En combinant par exemple un mouvement circulaire du son avec un changement de distance, il obtient une trajectoire hélicoïdale qu'il qualifie de *« spirale »* spatiale. Le choix de ces espaces n'est pas gratuit : Stroppa le relie à la nature du matériau musical lui-même, estimant par exemple que des notes brèves et percussives *« sonnent mieux dans un espace de points »*, tandis que *« de longs sons graves et doux »* peuvent s'épanouir en espaces diffus. La spatialisation chez Stroppa est donc écriture à part entière, au service de la perception musicale fine — prolongeant en quelque sorte son refus des gadgets technologiques au profit d'une véritable *orchestration de l'espace*.

Philippe Manoury, de son côté, intègre la dimension spatiale de diverses manières dans ses œuvres, qu'elles utilisent ou non l'électronique. Dans ses pièces orchestrales récentes, il expérimente volontiers des dispositions instrumentales non conventionnelles — à tel point que *« aujourd'hui, chaque œuvre contemporaine ou presque vient avec sa disposition spatiale des instrumentistes »*, remarque-t-il[148]. Manoury cherche à rompre avec la tradition d'un orchestre statique et homogène : *« il n'y a aucune raison de penser qu'il n'y a qu'une seule manière de disposer un orchestre »*, affirme-t-il. Dans *Fragments pour un portrait* (1998) ou *Grammaires du sonore* (2022), il répartit les musiciens en sous-ensembles mouvants, pouvant se recombiner au fil de l'œuvre. Il n'hésite pas à faire déplacer les instrumentistes en cours d'exécution, afin de modifier l'espace sonore et mettre en valeur tel ou tel aspect de l'écriture. Cette pratique de la mise en espace poursuit plusieurs objectifs artistiques. D'une part, *« la spatialisation a l'intérêt de clarifier le discours »* : au lieu que toutes les voix se confondent dans un même point, les déployer autour du public permet de distinguer nettement les lignes contrapuntiques individuelles. D'autre part, l'espace sert à créer des effets immersifs et dramaturgiques. Par exemple, Manoury décrit un passage où il souhaite envelopper l'auditeur d'un *« phénomène immersif »* : pour ce faire, *deux trios de cuivres se déplacent de part et d'autre du public, tandis qu'une*

---

[147] CASTILLO TRIGUEROS, Francisco. « An Interview with Marco Stroppa, Composer's Notebook », 2013 https://franciscocastillotrigueros.com/s/Interview-with-Marco-Stroppa-Modern.pdf (consulté le 16 juillet 2025)

[148] SZPIRGLAS, Jéremie. « Grammaires du sonore », Ensemble intercontemporain, 2022, https://www.ensembleintercontemporain.com/fr/2022/11/grammaires-du-sonore-entretien-avec-philippe-manoury-compositeur/ (consulté le 16 juillet 2025).

clarinette contrebasse et un saxhorn restent devant, formant un triangle sonore qui place l'auditoire au centre d'une masse orchestrale puissante. L'électronique en temps réel vient encore étendre ces possibilités. Manoury a été parmi les premiers à multiplier les dimensions de la spatialisation par l'électronique : son opéra *Noon (2003)*, par exemple, combine un grand orchestre spatialisé avec un dispositif électronique de *six sources* sonores réparties tout autour du public[149]. Dans ses œuvres mixtes, le son des instruments est capté, traité et redistribué dynamiquement sur un réseau de haut-parleurs, permettant des trajectoires sonores en temps réel. Manoury utilise ces projections électroniques pour prolonger les instruments (ainsi les voix chorales de son opéra *K…* sont diffusées dans l'espace de la cathédrale virtuelle via la synthèse électronique) et pour créer des illusions acoustiques — par exemple en *« simulant une source sonore à un endroit où il n'y a pas de haut-parleur »*, ou en rendant imperceptibles les transitions entre sources réelles et virtuelles. On le voit, si Stroppa et Manoury s'accordent sur l'importance de l'espace, leurs démarches diffèrent : Stroppa en fait un paramètre compositionnel intimement lié au matériau et requérant une réalisation interprétative (le *projectionniste* en concert), tandis que Manoury l'emploie comme un prolongement naturel de l'écriture et de la forme, grâce à la mobilité des musiciens et à la puissance des outils temps réel pour sculpter le son dans l'espace.

2.7.5 Vers une nouvelle génération : l'espace comme paramètre d'écriture

Les débats sur le temps réel et la spatialisation qui opposaient Stroppa et Manoury témoignent d'une évolution générale de la musique contemporaine à la fin du XXe siècle qui s'est affirmée à partir des années 1980-90 avec l'essor de l'informatique musicale. Dans les années 1970, l'émergence de la musique spectrale (Grisey, Tristan Murail…) avait déplacé l'attention du compositeur depuis les seules structures abstraites vers *« le sonore en soi, résultante de l'infiniment petit perçu dans une totalité »*. Les spectralistes concevaient le son comme un continuum d'énergie à sculpter — on parle d'*« espace du timbre »* pour décrire le spectre sonore multidimensionnel qu'ils explorent. Cette approche ne s'est pas d'emblée traduite par une utilisation inventive de la spatialisation acoustique : souvent, les œuvres spectrales des débuts restaient en configuration orchestrale classique ou avec une simple stéréophonie. Toutefois, à mesure que leur langage a mûri, ces compositeurs ont réalisé le potentiel de l'espace physique pour enrichir l'expérience du son. Grisey avec *Partiels* (1976) donc, mais aussi Murail dans *Sable (1975)*, *Désintégrations (1982)*, ou, plus tard des compositeurs formés à ces écoles, comme Yan Maresz — ancien élève de Murail — qui, dès 1995 compose *Metallics* pour trompette et électronique en temps réel, intégrant spatialisation et transformation interactive du son instrumental. De même, Kaija Saariaho (proche du spectralisme) a employé l'électronique et la spatialisation dans *Lonh* ou *Nymphéa* pour envelopper la soprano ou le quatuor de réverbérations mouvantes, jouant sur la perspective sonore.

[149] POIRIER, Alain. « Philippe Manoury ou la passion de l'écriture », programme Musica Strasbourg, 2011, https://festivalmusica.fr/telecharger/968note (consultée le 20 juillet 2025)

De nos jours, l'électronique temps réel est caractéristique des outils numériques quasiment invisibilisés tant elle est intégrée : on ne s'émerveille plus de la technologie en soi, mais de ce qu'en font les artistes. Les nouvelles générations de compositeurs abordent naturellement la spatialisation comme un paramètre de composition. On parle maintenant couramment de spat, d'immersion pour des œuvres qui placent l'auditeur au centre du processus créatif. On assiste aussi à la fusion de la lutherie traditionnelle et de l'électronique lorsqu'elle n'est pas devenue tout simplement virtuelle.

Le questionnement de Stroppa sur le temps réel s'est en partie résolu avec sa participation à l'élaboration d'Antescofo[150] d'Archia Cont pour la réalisation de la pièce *Of Silence* en 2007. Une collaboration que Stroppa fixera dans la note de programme de sa pièce[151] : « Sur le plan technologique, cette œuvre utilise pour la première fois Antescofo, un système développé par Arshia Cont, qui permet à l'ordinateur de suivre minutieusement ce que fait le soliste — y compris la vélocité instantanée à laquelle il joue — et, donc, d'adapter la réponse de la machine à chaque instant du jeu instrumental. L'ordinateur devient ainsi un véritable musicien. »

Ces deux approches ont toutefois nourri la génération suivante. Aujourd'hui, rares sont les compositeurs pour qui la musique mixte n'envisage pas d'utiliser à la fois la puissance de l'électronique interactive et la richesse de la scénographie spatiale du son, conjuguant en musique l'art du temps avec l'art de l'espace[152]. Les pionniers, comme Boulez et Nono l'avaient affirmé en leur temps, et le XXIe siècle voit s'épanouir cette double révolution du temps réel et de la spatialisation comme partie intégrante de l'écriture musicale.

2.7.6 Problématique de la conservation et de la pérennité des données.

Emmanuel Nunes occupe une position charnière dans l'écriture électronique et la spatialisation sonore. Pour Nunes, l'espace musical ne se limite pas à la disposition physique : il est aussi une question de mémoire, d'anticipation, de parcours perceptif et, dès les années 1980, d'espace informatique. Dans des œuvres comme *Wandlungen* (1986) ou *Quodlibet* (1991), il explore des dispositifs complexes où l'électronique sert autant à transformer le son qu'à générer des « espaces-temps » nouveaux, mais où les questions de la conservation du code et des instructions informatiques deviennent cruciales. Dès les années 90, Nunes pose la question de l'archivage des œuvres mixtes et de la documentation des processus : comment sauvegarder

[150] CONT, Arshia. « ANTESCOFO: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music », *International Computer Music Conference (ICMC)*, Aug 2008, Belfast, Ireland. p.33-40. ⟨hal-00694803⟩

[151] STROPPA, Marco. « … of Silence » (2007) pour saxophone et électronique de chambre, https://brahms.ircam.fr/fr/work/...-of-silence (consulté le 17 juillet 2025)

[152] GRISON, Laurent. « Espace et musique : Répons de Boulez », In *L'Espace géographique,* n. 29/1 (2000), p. 87-89

non seulement la bande ou la partition, mais aussi les scripts, patches, et instructions nécessaires à leur exécution[153] ? Son engagement dans la notation exhaustive et la documentation technique s'inscrit dans une conscience aiguë de la fragilité des supports numériques et de la nécessité de garantir la « rejouabilité » des œuvres, c'est-à-dire la possibilité de leur reconstruction technique à partir des traces opératoires de la composition. Cette conception rejoint les analyses de Maxence Larrieu pour qui le code constitue une écriture à part entière[154] – une « partition exhaustive » selon Risset – assurant la transmissibilité et la réactivation du processus musical.

Jean-Claude Risset fut à la fois un pionnier de la synthèse par ordinateur (Music V, Bell Labs) et un observateur lucide des limites et risques de la technologie. Il exprime dans plusieurs entretiens et articles une méfiance face au culte du temps réel[155]. Il insiste d'une part, sur la nécessité de penser l'informatique musicale comme une « écriture » : le code est à la fois trace, partition, et machine à fabriquer des sons[156]. D'autre part, Risset s'inquiète de la pérennité des œuvres et des outils informatiques : il souligne que les dispositifs temps réel sont vulnérables à l'obsolescence (hardware, OS, logiciels) et que sans documentation et sauvegarde du code, beaucoup de pièces interactives deviennent rapidement ininterprétables. Contrairement à la bande magnétique ou à la partition, l'archive informatique doit intégrer non seulement les données, mais aussi les environnements d'exécution, ce qui en fait un « espace informatique à sauvegarder ». Dans ce sillage, Marco Stroppa avait été l'un des premiers à théoriser l'importance d'une musicologie du code : il déplore, dès les années 1980, l'illisibilité du code pour les musiciens et musicologues traditionnels et invite à penser de nouveaux outils analytiques et archivistiques capables de rendre compte de la genèse et de l'existence des œuvres informatiques[157].

2.7.7 Enjeux et perspectives critiques

Le débat entre Stroppa et Manoury sur la place de l'interactivité, le prolongement par Nunes sur la mémoire de l'espace informatique, et la vigilance de Risset quant à la pérennité des œuvres, structurent aujourd'hui la réflexion sur la musique contemporaine. L'espace n'est plus seulement un lieu de projection acoustique : il devient également un espace de codes à transmettre, à sauvegarder, à réinterpréter. L'avenir de l'écriture spatiale et de l'interactivité dépend autant de l'invention esthétique que de la capacité des compositeurs, institutions et interprètes

---

[153] Szpirglas, Jéremie. « Entretien avec Emmanuel Nunes ». *Ensemble intercontemporain*, 2013 https://www.ensembleintercontemporain.com/fr/2013/03/entretien-avec-emmanuel-nunes/. (consulté le 26 aout 2025)

[154] LARRIEU, Maxence. « A Consideration of the Code of Computer Music as Writing, and Some Thinking on Analytical Theories », *Organised Sound*, 2019, 24 (3), p. 319-328. ⟨10.1017/S1355771819000384⟩. ⟨hal-02386818⟩

[155] TIFFON, Vincent. « Parcours de l'œuvre de Jean-Claude Risset », 2008 https://brahms.ircam.fr/fr/composer/jean-claude-risset/workcourse (consulté le 26 aout 2025)

[156] *Ibid.*

[157] STROPPA, Marco. « The analysis of electronic music ». Contemporary Music Review 1, no. 1 (1984): 175–180. https://doi.org/10.1080/07494468400640161 (consulté le 16 juillet 2025)

à documenter, archiver et adapter les œuvres aux transformations technologiques. Cette dialectique entre innovation, mémoire et transmission constitue aujourd'hui un des grands enjeux de la création musicale. Ces questions font l'objet de recherche et de discussions au sein de toutes les institutions culturelles, nous reviendrons sur les méthodes et enjeux dans les chapitres concernant l'étude et l'analyse de corpus d'écriture de la musique mixte, électroacoustique et électronique.

Les approches contrastées de Stroppa et Manoury mettent en lumière un tournant structurel dans la création musicale contemporaine : celui d'un glissement de la technologie comme outil fonctionnel vers la technologie comme opérateur d'écriture. Qu'il s'agisse du temps réel ou de la spatialisation, ces dimensions ne sont plus périphériques mais déterminent la syntaxe même des œuvres. En parallèle, les préoccupations de Nunes, Risset ou Stroppa concernant la documentation, la transmission et la mémoire informatique signalent que les œuvres numériques ne survivent qu'à condition d'une vigilance critique sur leurs supports. L'espace sonore devient alors aussi espace de code, d'annotation, de médiation — et sa pérennité dépend autant de l'invention que de l'infrastructure de conservation. Dans cette perspective, la création contemporaine requiert des dispositifs partagés entre compositeurs, techniciens et institutions pour garantir une continuité critique entre l'acte de composition et l'avenir des œuvres composées.

2.7.7 Conclusion

Dans son article *The Visitors and the Residents*[158], Robert Normandeau propose une lecture critique de l'histoire de la musique électroacoustique à travers une distinction entre deux types de compositeurs : les « visiteurs », issus de la tradition instrumentale, qui ont abordé cette musique de manière occasionnelle, et les « résidents », ancrés durablement dans la pratique acousmatique. Selon lui, la plupart des figures majeures du XXe siècle, telles que Boulez, Berio ou Messiaen, n'ont pas véritablement investi ce champ, souvent dépendants d'assistants techniques et sans réelle compréhension des outils de composition électroacoustique. En revanche, les compositeurs nés après 1950, dont il fait partie, ont intégré dès le départ les technologies numériques dans leur processus créatif, sans ressentir de rupture entre le langage musical et les moyens techniques. Normandeau défend le terme « acousmatique » pour désigner cette pratique autonome, déliée de l'interprétation en temps réel, et centrée sur l'écoute, le studio et la diffusion par haut-parleurs. Il souligne l'importance du timbre comme paramètre central, là où la musique occidentale s'était longtemps structurée autour du système tonal, marginalisant les dimensions spectrales et qualitatives du son. Avec l'émergence de la reproduction sonore, Pierre Schaeffer a ouvert un espace de création où le son n'est plus lié à une action performative, rendant possible une écoute renouvelée par la répétition et la manipulation en studio. Normandeau insiste sur un changement social majeur à la fin du XXe siècle : la démocratisation

[158] Normandeau, Robert. « The Visitors and the Residents ». *Musica/Tecnologia*, vol. 4, no. 4, Dec. 2010, p. 59-62, doi:10.13128/Music_Tec-9108

de la technologie et l'apparition d'une génération pour qui l'ordinateur n'est plus un outil technologique mais un instrument naturel. Ce contexte a permis l'émergence d'une écriture électroacoustique fluide, indépendante des logiques de l'analogique. Enfin, il identifie l'espace comme le paramètre spécifique de l'écriture acousmatique contemporaine. Contrairement à la musique instrumentale où la spatialisation reste souvent accessoire, la diffusion multicanal permet une distribution virtuelle des spectres sonores, ouvrant la voie à ce qu'il nomme la « spatialisation du timbre ». Cette approche redéfinit l'espace non comme effet mais comme élément constitutif de l'œuvre.

L'histoire de la spatialisation sonore, loin de se résumer à une chronologie linéaire de progrès techniques ou d'avancées esthétiques, se laisse appréhender comme un espace conflictuel, traversé par des récits concurrents, des intérêts divergents, et des régimes de légitimation hétérogènes. Reconsidérer ces tensions à la lumière d'une approche critique des pratiques, tel que l'envisagent Impett[159], Donin[160] ou Solomos[161], permet non seulement de dénaturaliser les catégories techniques ou stylistiques, mais aussi de rendre visible ce que ces pratiques disent — ou taisent — du rôle de l'artiste, de l'institution et du savoir dans l'économie contemporaine de la création.

C'est à l'intérieur de ce champ de forces, où les héritages se chevauchent autant qu'ils se contredisent, que se situe mon propre positionnement. Celui-ci ne prétend pas trancher entre des positions irréconciliables, mais se veut attentif aux points de divergences, aux seuils d'indéterminations, aux espaces de frictions — là où, précisément, surgissent les formes de connaissance les plus fertiles pour une pensée de l'espace comme paramètre d'écriture.

2.8 Vers une nouvelle écologie de la création spatialisée et immersive

La réflexion sur la spatialisation, telle qu'elle s'est construite historiquement, trouve aujourd'hui un prolongement déterminant dans l'émergence des pratiques immersives et des dispositifs sonores à 360°, marquant une transition vers de nouveaux paradigmes esthétiques et techniques. Solomos montre que l'espace sonore cesse d'être un simple cadre pour devenir un opérateur de transformation de la création musicale, mettant en crise les catégories classiques du paramètre, de la structure et de la forme[162]. Cette mutation engage la composition dans une

---

[159] IMPETT, Jonathan (dir.). *Sound Work : Composition as Critical Technical Practice*. Leuven : Leuven University Press, 2021. https://doi.org/10.2307/j.ctv1ccbg96.

[160] DONIN, Nicolas. « La musicologie des processus de composition : entre histoire et cognition. » *Transposition. Musique et sciences sociales*, Hors-série 1, 2018. p. 5–10 DOI : 10.4000/transposition.1689.

[161] SOLOMOS, Makis. *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XXe-XXIe siècles*, coll Aesthetica, Presses universitaire de Rennes, 2013, 548 p.

[162] *Ibid.* p. 156

dynamique où l'espace, la perception, le geste et l'écoute s'entrecroisent, rendant indissociables la conception et la réception de l'œuvre.

Dans la continuité de ce déplacement, Bates[163] insiste sur le fait que la spatialisation ne doit pas être abordée comme un ensemble de solutions techniques interchangeables, mais comme un champ où l'esthétique, l'écoute et le contexte s'articulent. Il rappelle que le choix des techniques de spatialisation, des dispositifs de diffusion et des stratégies d'écriture dépend toujours de la situation, de l'espace de projection, des matériaux mobilisés et de la relation recherchée avec l'auditeur. Cette pluralité des régimes d'espace sonore exige une attention renouvelée à l'articulation entre les choix artistiques et les conditions concrètes de l'expérience musicale.

À ces analyses s'ajoute la perspective proposée par Do[164], qui met au centre de sa réflexion la notion d'immersion sonore. Do montre que l'immersion ne se limite pas à un effet spectaculaire ou à une simple enveloppe sonore : elle correspond à un phénomène complexe, engageant des dimensions physiques, psychologiques, symboliques et métaphoriques. L'immersion sonore, telle qu'elle apparaît dans la musique contemporaine, permet d'« ouvrir à une autre communication avec le monde à travers le son », en déplaçant l'écoute vers une expérience où la frontière entre l'intérieur et l'extérieur, entre sujet et environnement, devient poreuse[165]. La spatialisation, dans ce contexte, se déploie comme une modalité d'interaction, de transformation et d'extension de la perception, invitant à penser l'espace comme champ dynamique et non comme contenant figé.

La notion d'immersion sonore fait également émerger de nouveaux enjeux pour la création : la corporéité, la multiplicité des parcours d'écoute, l'interaction, la fusion entre espaces réels et virtuels, ou encore l'intégration de la dimension sensorielle et phénoménologique dans le geste compositionne[166]. La musique immersive devient ainsi un laboratoire où s'inventent de nouveaux rapports entre son, corps, espace et mémoire, en dépassant les logiques narratives ou frontales héritées de l'histoire de la musique occidentale.

Ces perspectives convergent vers une ouverture où la spatialisation et l'immersion apparaissent non seulement comme des techniques, mais aussi comme des opérateurs critiques pour la recherche-création. Il s'agit désormais :

D'envisager l'espace comme milieu relationnel, support de nouveaux régimes de perception, d'action et de signification ;

---

[163] BATES. Enda, Spatial Music, thèse de doctorat, Trinity College Dublin, 2009, http://www.endabates.net/SpatialMusic.html (Consulté le 8 septembre 2024)

[164] DO, Hana. *L'immersion sonore : analyse du phénomène et réalisation compositionnelle,* Thèse de doctorat, Sorbonne Université. 2024

[165] *Ibid.* p. 7, 21-22

[166] *Ibid.* p. 23-27, 31-32

- D'explorer les dispositifs immersifs, interactifs ou virtuels non seulement pour leurs potentialités techniques, mais également pour leur capacité à produire des expériences sensibles inédites, où l'auditeur devient acteur de l'œuvre ;
- D'élaborer de nouvelles écologies de l'écoute, articulant le sonore, le corporel, le sensoriel, l'imaginaire et l'environnement.

L'enjeu n'est donc plus de définir la spatialisation ou l'immersion à partir d'un modèle unique, mais d'ouvrir un champ de possibles où la création musicale, par l'expérimentation spatiale et immersive, peut continuellement reconfigurer ses propres frontières et ses modes d'adresse au monde.

Finalement, cette tentative d'anthologie des tensions structurant mes références s'avère être une intuition discutable. Elle néglige en effet un ensemble significatif de créateurs et créatrices ayant œuvré dans l'ombre des figures historiquement consacrées. Les polémiques auxquelles je faisais référence ont, pour la plupart, été largement documentées, voire dépassées par les travaux historiographiques, qui en ont clarifié les principaux enjeux. En adoptant une démarche intuitive plutôt qu'un protocole rigoureux, j'ai pu être tenté de prendre momentanément une posture d'historien, dans le but de mettre en évidence certains déséquilibres dans les récits dominants, lesquels ont conditionné mes propres a priori esthétiques. Toutefois, il apparaît désormais que ces controverses relèvent d'un moment historique clos, et qu'elles n'éclairent que marginalement les problématiques concrètes liées à une pratique artistique actuelle.

Ce détour peut sembler aujourd'hui anachronique au regard de la richesse des apports effectués au cours des soixante-dix dernières années. Néanmoins, c'est précisément cette relecture critique des sources qui m'a permis d'identifier certaines lignes de force pouvant contribuer à redéfinir ce qui constitue la spécificité d'un créateur. Ce dernier n'a pas nécessairement pour vocation d'interroger de manière exhaustive l'histoire. Si celle-ci peut constituer un matériau d'inspiration, elle devient rapidement une contrainte lorsqu'elle mobilise une énergie disproportionnée au regard des nécessités de la création. Le chercheur-créateur aurait alors davantage intérêt à établir un état de l'art stabilisé, circonscrit à son propre domaine de recherche, plutôt que de prétendre remonter à l'origine des paradigmes passés. L'artiste n'est, de toute façon, pas toujours outillé pour ce type d'investigation, dont l'objectif reste, par ailleurs, étranger à son rôle principal : produire des objets, documents ou situations pouvant constituer ultérieurement des sources exploitables pour une analyse historique.

Cette tâche est en soi considérable. En l'absence d'un intérêt manifeste de la communauté historiographique, notamment en début de parcours, les problématiques liées à la gestion des archives deviennent prioritaires. Dès lors qu'elles peuvent être anticipées ou partiellement résolues, il revient au créateur d'en devenir un acteur conscient, en s'impliquant dans les modalités de documentation, de conservation et de transmission de son propre travail. Ce geste, bien qu'en marge de la création elle-même, en devient un prolongement nécessaire.

L'essentiel, toutefois, réside dans l'idée en cours d'élaboration, au cœur du processus créatif. Si l'histoire peut offrir des points de repère, elle ne peut suffire à définir les contours d'une démarche contemporaine. Les cadres méthodologiques issus des périodes antérieures s'avèrent inadaptés face aux exigences et questionnements actuels. Les polémiques passées ont rempli leur fonction dans leur contexte propre ; il appartient désormais à notre époque de formuler ses propres réponses aux enjeux qui la traversent.

2.9 Pour élargir l'espace propre de cette époque

Pour les lecteurs intéressés par les prolongements historiographiques de ces débats, plusieurs travaux cités dans ce manuscrit abordent les dimensions techniques et esthétiques de la création sonore contemporaine : Maria Harley (1994)[167] sur l'écriture de la spatialisation instrumentale, le *Vocabulaire de l'espace en musiques électroacoustiques* de Bertrand Merlier (2006)[168], Enda Bates (2009)[169] sur la spatialisation en musique mixte, Hano Do (2024)[170] sur une approche actualisée de l'immersion sonore, Julien Ottavi (2018)[171] sur les pratiques sonores expérimentales en réseau, l'immense revue généralisée des outils de composition par Jean-Marc Duchenne et de ces outils les Acousmodules[172] ou encore Adèle de Baudoin (2024)[173] sur les convergences entre bioacoustique, field recording et création électroacoustique.

Sur l'espace à travers les œuvres de Boulez et Nono, Kevin Gouhon analyse l'écriture spatiale du compositeur, en prenant comme point de départ la section « Quant à l'espace » de *Penser la musique aujourd'hui*. L'étude se focalise sur des œuvres telles que *Répons*, où la spatialisation s'opère à la fois par le dispositif scénique et par le traitement électronique du son[174].

---

[167] HARLEY, Maria Anna. *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations*. Thèse de doctorat, McGill University, 1994. https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/ww72bg17g (consulté le 16 juillet 2025).

[168] MERLIER, Bertrand. « Vocabulaire De L'espace Et De La Spatialisation Des Musiques Électroacoustiques : Présentation, Problématique Et Taxinomie De L'espace », *EMS : Electroacoustic Music Studies Network* – Beijing 2006, Oct 2006, Pékin, Chine. p.247. ⟨halshs-00521322⟩

[169] BATES. Enda, *Spatial Music*, thèse de doctorat, Trinity College Dublin, 2009, http://www.endabates.net/SpatialMusic.html (Consulté le 8 septembre 2025)

[170] DO, Hana. *L'immersion sonore : analyse du phénomène et réalisation compositionnelle,* Thèse de doctorat, Paris, Sorbonne, 2024, https://theses.fr/2024SORUL030 (Consulté le 8 septembre 2025)

[171] OTTAVI, Julien. *Les nouvelles formes de pratique sonore en réseau : pratique collaborative, création partagée, Internet comme non-espace, écoute prolongée et installation permanente*. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, 2018. https://theses.fr/2018LORR0266. (Consulté le 8 septembre 2025)

[172] DUCHENNE, Jean-Marc. « Les Acousmodules », site internet et plugins depuis 2003, http://acousmodules.space/ (Consulté le 30 septembre 2025)

[173] DE BAUDOUIN, Adèle. *Visualisation et écoute des paysages sonores pour l'écologie et la musique électroacoustique*. Thèse de doctorat, Muséum national d'histoire naturelle, Paris 2024 https://theses.fr/s343326 (Consulté le 8 septembre 2025)

[174] Gohon, Kevin. « Chapitre IV. Espaces multiples du discours » dans *Penser le discours musical électroacoustique,* Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2022, https://doi.org/10.4000/books.pur.181807.

Pour un autre florilège historique de spatialisation des musiques « écrites » croisant les travaux de Maria Harley et Braxton B. Boren, la lecture du mémoire d'Adrien Zanni propose une approche historique de l'architecture des lieux emblématiques du rituel musical en occident[175].

Pour approfondir l'histoire de la musique électroacoustique au travers du spectre du GRM, les musiques électroacoustiques de 1973 de Michel Chion et Guy Reibel expliquent également le préjudice de jeunesse suscité par les polémiques entre la musique concrète et ses visiteurs sériels, dont voici une des conclusions qui dessine un temps lui-même déjà révolu :

> Mais ces temps bénis (peut-être mythiques) sont révolus, où s'opposaient si bien et polémiquaient si gaillardement deux camps adverses. Le jour vint où furent abattues les cloisons entre musique concrète et musique électronique, ce qui donna la musique électroacoustique. Depuis peu, une autre cloison a commencé de céder ; celle qui sépare la musique électroacoustique de la musique instrumentale. Aujourd'hui, beaucoup de compositeurs s'amusent à mélanger dans la même œuvre le déterminé, l'improvisé et l'aléatoire, avec un doigt de modulateur en anneau et un zeste de théâtre musical. Dans ces conditions, on ne voit guère qui pourrait polémiquer contre qui. Les positions tranchées, autrefois bien souvent le garde-fou des médiocres, sont-elles en passe de devenir le privilège des personnalités dominantes[176] ?

Ces travaux et ouvrages couvrant les champs dans lesquels s'ancre ma pratique, j'ai préféré orienter ce chapitre vers les positionnements idéologiques de figures qui demeurent structurantes dans mon propre parcours et ont influencé mes affects. J'ai découvert, *sur le terrain*, une histoire incomplète et orientée, davantage façonnée par les polémiques institutionnelles et esthétiques que par une transmission structurée, plurielle et nuancée des récits musicaux. J'étais en même temps convaincu qu'il ne pouvait y avoir qu'un seul récit…

Au-delà d'un éclairage personnel sur les sources d'influence, ce chapitre a tenté de mettre en lumière certains angles morts de la doxa en essayant de ne pas se contenter de réitérer les oppositions que l'histoire a assimilées. Si les débats les concernant peuvent paraître aujourd'hui dépassés, leurs héritages continuent d'influencer un certain nombre de positionnements esthétiques. Même atténuées par le temps, ces références restent actives dans les discours théoriques de la création actuelle. Il importe donc d'en maintenir la mémoire, non pour les ériger en modèles, mais pour comprendre les dynamiques ayant favorisé certains développements. Il s'agit de se doter d'outils critiques permettant de déconstruire les mécanismes de clivages encore à l'œuvre, parfois de manière latente, dans les pratiques institutionnelles ou les récits esthétiques.

---

[175] ZANNI, Adrien. *De la relation entre Acoustique et Composition "Espaces d'errances"*, Mémoire de fin d'études https://www.ens-louis-lumiere.fr/la-recherche/memoires-et-travaux-de-fin-detudes/de-la-relation-entre-acoustique-et-composition-espaces-derrances/ (consulté le 27 juillet 2025)

[176] CHION, Michel et REIBEL, Guy. *Les musique électroacoustiques*, INA-GRM Paris : Edisud, 1976 p.52

Et puis, pour reprendre une formule de Robert Normandeau en 2008 dans un entretien : « En art ça n'existe pas les générations spontanées, ceux qui ne connaissent pas ce qui s'est fait avant réinventent la roue[177]. »

En conclusion, ce chapitre, qui visait à éclairer certains aspects négligés de figures historiques, est nécessairement incomplet. Il passe sous silence de nombreuses trajectoires singulières qui mériteraient une attention plus soutenue. Il en va notamment des compositrices et théoriciennes, dont le travail parallèle aux figures discutées ici, s'est souvent accompli avec des moyens limités, dans des contextes marqués par des formes de contrôle institutionnel paternaliste d'un autre temps.

[177] PRÉVOST, Hélène, Entrevue avec Robert Normandeau, CEC Montreal, 2008, transcription audio, https://econtact.ca/10_x/NormandeauRo_Prevost.html

Chapitre 3 La partition comme proxy : notation de l'espace sonore

« T'es prêt ? Alors J.H. comme pour Johnny : 06 14 05.. .. »

Jacques Higelin, première rencontre, 2014, après une longue discussion sur la mise en scène immersive à la Comédie Française pour casser le quatrième mur, sans même aborder les multiples fois où il était resté à l'affiche du cirque d'Hiver à Paris, pour une série de performances à 360°[178].

3.1 La spatialisation, cinquième paramètre insaisissable

Si toute musique, par sa nature physique, occupe et produit un espace sonore[179], considérer cet espace comme un paramètre compositionnel à part entière — au même titre que la hauteur, la durée, l'intensité ou le timbre — met en évidence les limites profondes de la partition, principal outil de transmission de l'œuvre.

L'espace, que Boulez qualifiait de « cinquième paramètre du son », s'est révélé particulièrement insaisissable, résistant aux conventions sémiotiques qui ont permis de fixer les autres dimensions de l'expérience musicale sur le support physique de la feuille.

En dépit d'innovations graphiques et conceptuelles audacieuses, il semble que la spatialisation sonore, inscrite sur une partition papier, ne s'expose que sous la forme d'un proxy[180]. C'est-à-dire une représentation indirecte, une abstraction, une carte schématique ou un ensemble d'instructions périphériques dont la signification est en partie déléguée à l'interprétation, à des documents annexes ou à des conventions de performance. La littéralité de l'espace, sous forme de description exhaustive et reproductible des positions et des trajectoires sonores, demeure une dimension cachée, implicite, qui ne peut qu'effleurer la surface de la partition traditionnelle.

Pour articuler ce propos, nous commencerons par analyser les limites inhérentes à la partition papier, la montrant comme un proxy partiellement inefficace à représenter les contraintes sémiotiques, physiques et cognitives de l'inscription d'un espace dynamique dans la musique.

---

[178] HIGELIN au cirque d'hiver, Reportage France 3, https://www.ina.fr/ina-eclaire-actu/video/cab94099637/higelin-au-cirque-d-hiver (consulté le 2 aout 2025)

[179] FARIJI, Anis. "La spatialisation musicale". In *Fragments accordés*. Marseille : Diacritiques Éditions, 2023. https://doi.org/10.4000/books.diacritiques.7453

[180] Le terme « proxy » désigne ici un substitut, une représentation indirecte ou un intermédiaire entre le phénomène réel (la spatialisation sonore telle qu'elle est perçue dans l'espace d'écoute) et son inscription graphique (la notation sur partition).

Cette analyse s'appuiera sur les solutions et compromis utilisés par les compositeurs que nous avons déjà présentés au chapitre précédent.

Nous poursuivrons dans une deuxième partie, sur les solutions possibles grâce aux environnements numériques, avec les stations de travail audio numériques (DAW) et les environnements de programmation visuelle (Max/MSP, Pure Data). Nous étudierons comment l'écriture de l'espace peut y devenir littérale, exhaustive et reproductible, transformant la « dimension cachée » de l'espace d'écriture de la spatialisation en un ensemble de données explicites.

Enfin, une synthèse visera à réconcilier ces deux paradigmes, en proposant un modèle de coexistence où la partition papier et le fichier numérique se complètent, chacun remplissant des fonctions complémentaires et spécialisées dans la définition et la réalisation de l'œuvre musicale spatialisée.

3.2 La partition comme abstraction spatiale

La notation musicale occidentale standard s'est développée comme un système graphique bidimensionnel, structuré selon une logique cartésienne où l'axe horizontal représente la dimension temporelle et l'axe vertical la hauteur des sons. Cette configuration repose sur une métaphore spatiale profondément ancrée dans la tradition occidentale : les sons graves sont notés « en bas » et les sons aigus « en haut ». Cette convention, historiquement efficace pour représenter les musiques tonales et modales, a fini par structurer la cognition musicale au point de devenir quasi transparente, intégrée de manière automatique dans les pratiques de lecture, d'écriture et de transmission.

Ce modèle sémiotique a cependant des conséquences sur la manière dont peut être envisagée la spatialité sonore. L'occupation de la page par les dimensions de temps et de hauteur rend difficile l'inscription directe d'informations relatives à la disposition spatiale des sources sonores. L'espace physique — c'est-à-dire la localisation et la directionnalité des sons dans un environnement donné — ne peut être noté qu'à travers des stratégies additionnelles : annotations textuelles, diagrammes extérieurs à la portée, conventions graphiques spécifiques. Ces moyens, bien qu'opérationnels dans certains contextes, ne s'intègrent pas pleinement au système de notation de la tradition occidentale ; ils fonctionnent comme des couches sémiotiques secondaires, nécessitant une interprétation pour être décodés depuis des informations extérieures au texte de la partition elle-même.

Dans le répertoire instrumental traditionnel, la spatialité sonore est pourtant déjà présente, bien que de manière implicite ou encadrée par des conventions. L'un des exemples les plus établis est celui de la disposition des musiciens dans les formations orchestrales ou de musiques de chambre. Dans un quatuor à cordes, la spatialité résulte de la configuration conventionnelle des instrumentistes (de gauche à droite : violon I, violon II, alto, violoncelle), qui structure la perception de la polyphonie et l'articulation des dialogues internes. Cette disposition, bien qu'extraite de la partition, influe sur l'écoute et sur l'interprétation sans nécessiter de codification

graphique spécifique. Il en va de même dans l'orchestre symphonique, dont la spatialité repose sur des configurations standardisées, parfois modifiées à la discrétion du chef d'orchestre ou selon les traditions culturelles (placement des bois, des cuivres ou disposition des pupitres de cordes).

Dans certains cas, la spatialité est explicitement prescrite par le compositeur, mais reste exprimée dans des notices ou des schémas indépendants de la notation musicale proprement dite. Par exemple, dans certaines œuvres de Gabrieli à San Marco au XVIe siècle, la disposition spatiale des chœurs instrumentaux et vocaux dans l'espace architectural de la basilique est essentielle à la perception polychorale, mais cette spatialité n'est pas intégrée à la notation elle-même, elle est inhérente à l'architecture du lieu de production.

Même dans les cas où l'organisation spatiale du jeu est inhérente à l'instrument — comme c'est souvent le cas en percussion, où chaque élément de l'instrumentarium possède une localisation précise dans l'espace gestuel du musicien — la notation traditionnelle recourt à des conventions spécifiques (portées à cinq ou plusieurs lignes, positions relatives) qui ne décrivent pas directement l'espace physique. Avant le 20e siècle, cette spatialité implicite, bien qu'opératoire pour l'exécutant, ne constitue que rarement une spatialisation du son pour le public en concert. Elle sera mise à profit dès l'apparition du format stéréo dans les enregistrements. La direction artistique dispose alors de la possibilité d'extrapoler virtuellement la position des différents instruments dans le mixage, en pouvant étendre l'image stéréo d'un instrument de part et d'autre de l'espace sonore.

3.2.1 Contraintes matérielles et cognitives

Au-delà de ces limites sémiotiques, des contraintes matérielles et cognitives renforcent le statut de proxy de la partition. La gravure musicale, qu'elle soit manuelle ou assistée par ordinateur, est régie par des règles typographiques complexes visant à optimiser la lisibilité pour l'interprète[181]. L'espacement horizontal, par exemple, n'est pas strictement proportionnel à la durée ; il est ajusté pour éviter la surcharge visuelle et regrouper logiquement les figures rythmiques. L'ajout d'une couche dense d'informations spatiales (trajectoires, positions, etc.) menace directement cette lisibilité, qui est primordiale dans le contexte de la performance. Contrairement à un lecteur de texte qui peut moduler son propre rythme de lecture, le musicien ne peut se permettre de perdre sa place ou d'hésiter face à une ambiguïté, ne serait-ce qu'une seconde, sous peine de rompre le flux de l'exécution[182].

[181] MATMATI, Jawher. *La gravure musicale, un art à la croisée des chemins*. Mémoire de master, Conservatoire de Paris. 2022, https://www.conservatoiredeparis.fr/sites/default/files/Recherche-Editions/TEP_MATMATI_2021.pdf (consulté le 2 aout 2025)

[182] SLOBODA, John. « The Uses of Space in Music Notation », Visible Language, vol. 15, no 1, 1981. https://journals.uc.edu/index.php/vl/article/view/5316 (consulté le 17 juillet 2025)

Des recherches en psychologie de la perception visuelle ont formalisé ce problème sous le concept de « crowding » (encombrement visuel). Le « crowding » se produit lorsque la perception d'une cible est altérée par la présence de distracteurs à proximité[183]. Une note de musique sur une partition est déjà un objet visuel complexe, encombré par les lignes de la portée, les notes adjacentes, les altérations, les nuances et les articulations. L'ajout de symboles spatiaux supplémentaires augmente cet encombrement, risquant de dépasser la résolution spatiale visuelle de l'interprète et de nuire à la fluidité de la lecture. La partition, pour rester fonctionnelle, doit donc maintenir une certaine économie de signes, ce qui contraint la notation spatiale à rester rudimentaire ou à être déportée hors de la portée elle-même.

3.3 Les architectures sonores sur papier

Parmi les différentes stratégies permettant de rendre compte de la dimension spatiale dans l'écriture musicale, l'une des plus directement opératoires consiste à inscrire l'espace au sein même de la répartition des matériaux sonores entre les portées. Cette approche repose sur l'idée que l'espace est sous-jacent à la distribution instrumentale : la localisation d'un geste musical dans une partie spécifique peut être interprétée comme une projection spatiale implicite. Ainsi, la spatialisation émerge de la structure même de l'écriture, sans nécessiter de système graphique autonome. La synthèse spatiale qui en résulte peut être riche, en particulier lorsqu'elle s'appuie sur une articulation différenciée des timbres, des registres et des dynamiques, conférant à l'espace une dimension perceptive intégrée au tissu musical.

Cependant, cette modalité d'écriture présente des limites structurelles. La plasticité spatiale reste conditionnée par plusieurs facteurs : le nombre de musiciens disponibles, le degré de divisions possibles entre les parties (subdivisions de pupitres, jeux d'alternance ou d'échos), ainsi que la répartition physique des instrumentistes sur scène. Contrairement à un système explicitement conçu pour moduler librement la position des sources sonores dans un espace tridimensionnel, cette forme de spatialisation reste tributaire des contingences matérielles de l'interprétation et des conventions scéniques. L'espace, bien qu'agissant comme paramètre latent de la composition, ne peut être manipulé avec la même souplesse que d'autres dimensions musicales telles que la hauteur ou le rythme.

Face aux limites structurelles de la notation, les compositeurs les plus visionnaires du XXe siècle n'ont pas renoncé. Ils ont plutôt cherché à « forcer » la page, à la plier à leurs volontés spatiales en inventant des stratégies de notation qui, tout en étant révolutionnaires, révèlent en creux la nature de proxy du support qu'ils tentaient de transcender. L'analyse des approches de Iannis Xenakis, Henry Brant et Karlheinz Stockhausen est à cet égard particulièrement éclairante.

---

[183] WONG, Y.K., GAUTHIER, I. « Holistic processing of musical notation: Dissociating failures of selective attention in experts and novices », *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience* 10, 541–551 (2010). https://doi.org/10.3758/CABN.10.4.541

3.3.1 Iannis Xenakis, la partition comme carte topologique

Pour Iannis Xenakis, la musique ne se conçoit pas indépendamment de sa dimension spatiale : elle procède d'une pensée où le son est intrinsèquement articulé à l'espace, non comme lieu de diffusion, mais comme matériau de structuration formelle. La partition vise à structurer des masses sonores évolutives dans un champ spatial réel, et non simplement à projeter des événements auditifs dans un espace fictif[184]. Dans une œuvre emblématique comme *Terretektorh* (1966), cette pensée prend une forme radicale : il ne s'agit plus de spatialiser le son, mais de spatialiser l'acte musical lui-même. En dispersant les 88 instrumentistes de l'orchestre au sein du public. Xenakis conçoit l'ensemble comme un « méta-instrument » dont la topologie permet la projection de trajectoires complexes[185]. L'auditeur n'est plus positionné face à un dispositif frontal ; il est immergé, englobé dans un continuum acoustique mouvant[186] (figure 17, 18 et 19).

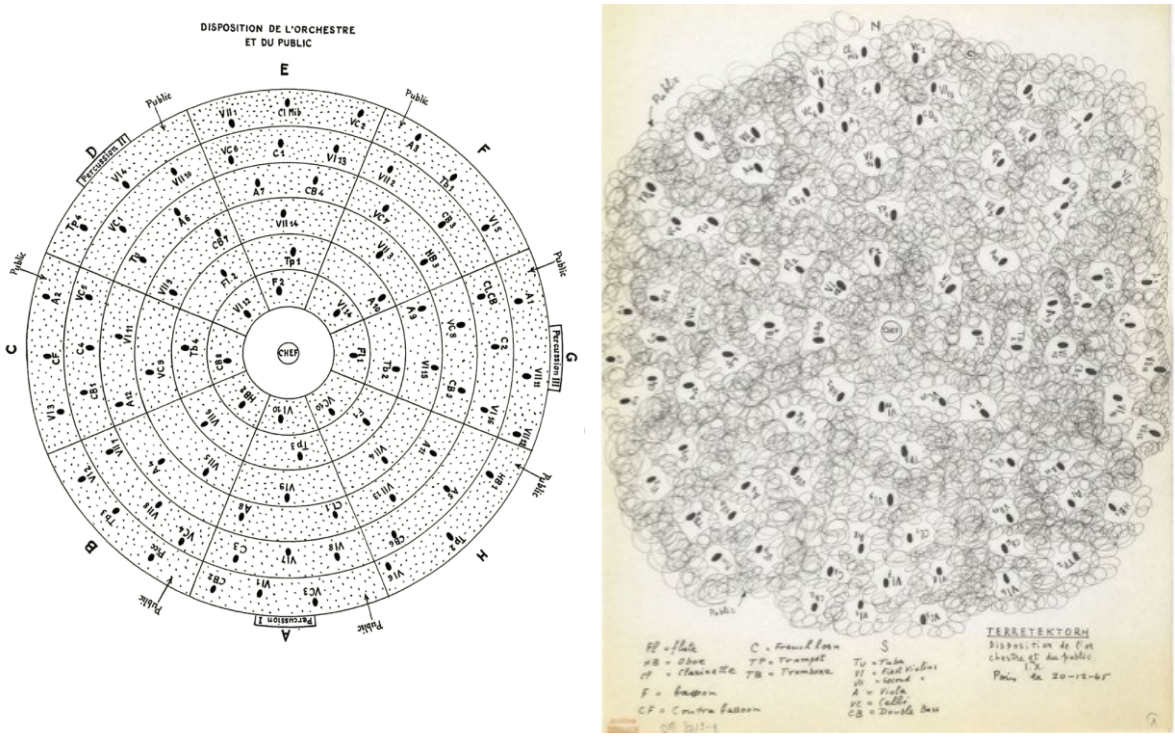


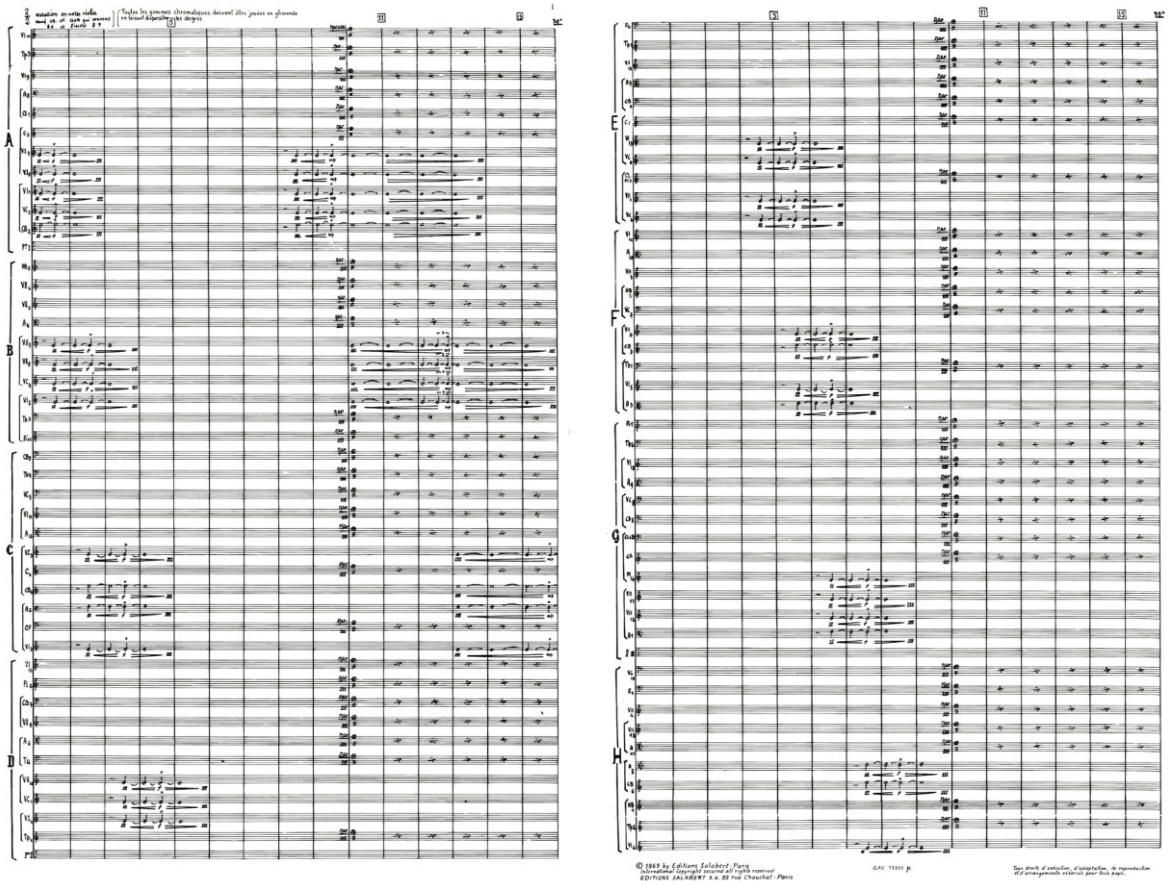
Figure 17 : Disposition de l'orchestre et du public pour *Terretektorh* (1965). À droite : extrait de la partition ; à gauche : esquisse du compositeur. Source : Éditions Salabert et famille Xenakis

[184] HARLEY, Maria Anna. *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations.* Thèse de doctorat, McGill University, 1994. https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/ww72bg17g (consulté le 16 juillet 2025).

[185] PEREIRA, L. M., & MANZOLLI, J., « Análise de Terretektorh de Iannis Xenakis: a exploração do espaço na organização do discurso musical ». *Opus*, 25(1), 2019, p.128-154. https://doaj.org/article/a6836d900679431eaa6e52662e3852c0

[186] SANTANA, H. J. (2000). The Role of Space in the Music of Iannis Xenakis. Ex Tempore, 10(1). Consulté sur http://www.ex-tempore.org/ExTempore00/HSANTANA00.htm

Comment noter une telle conception ? La solution de Xenakis est de transformer la partition en un outil de contrôle cartographique. La partition de *Terretektorh* est précédée d'une carte orchestrale détaillée, un plan de la salle de concert divisant l'espace en huit secteurs angulaires (nommés de A à H) et six zones concentriques (numérotées de 1 à 6) (Santana, 2000). Chaque musicien reçoit une partie qui spécifie non seulement les notes à jouer, mais aussi sa position exacte sur cette carte. La partition du chef d'orchestre n'est plus seulement un guide musical, mais un véritable tableau de bord pour piloter des phénomènes spatiaux. En activant séquentiellement des musiciens situés dans différents secteurs, le chef accompagne des mouvements sonores complexes : rotations circulaires, spirales d'Archimède en accélération, spirales hyperboliques, etc[187]...



groupe A à D, premières mesures

groupe E à H, premières mesures

Figure 18 : extrait de partition de *Terretektorh* de Iannis Xenakis. Source : édition Salabert

[187] *Ibid.*

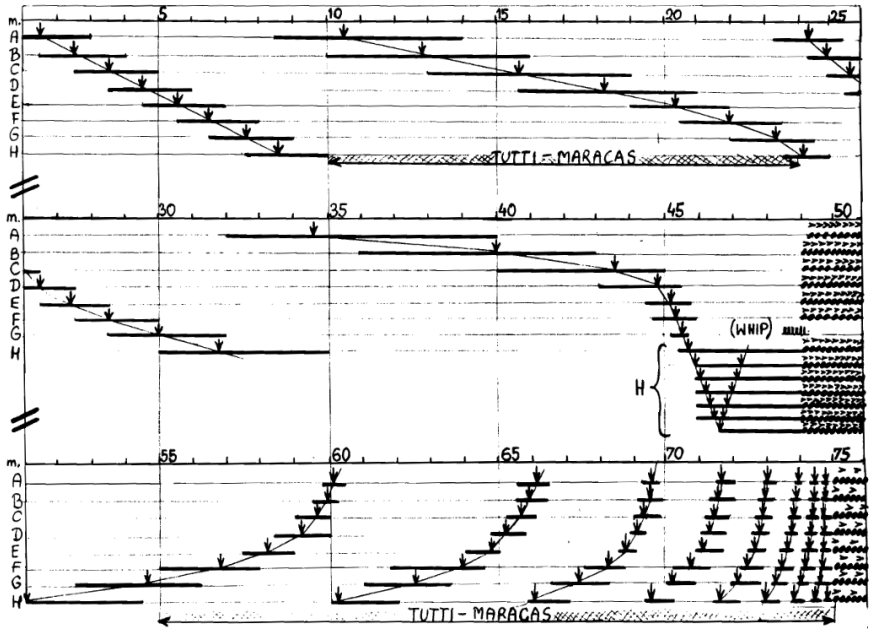


Figure 19 : Diagramme de rotation d'une seule hauteur mi 4 dans les mesures 1 à 75 de *Terretektorh*. Source : Harley 1994, VII-9

La partition de Xenakis est donc un proxy par excellence. Elle ne montre pas le mouvement sonore. Elle ne contient ni flèches ni courbes de trajectoire. Elle fournit un plan architectural et un ensemble d'instructions (qui joue quoi, quand et où) dont l'exécution produira l'effet spatial désiré. La littéralité de l'espace n'est pas sur la page ; elle est dans la disposition physique des musiciens, et le mouvement est une propriété émergente de l'exécution du plan.

3.3.2 Henry Brant, la clarté polyphonique par la séparation physique

L'approche d'Henry Brant est motivée par un objectif différent, mais aboutit à une conclusion similaire. Brant considère l'espace comme la « quatrième dimension » de la musique (après la hauteur, le temps et le timbre)[188]. Son but principal est d'utiliser la séparation physique pour atteindre une clarté maximale dans des textures polyphoniques et polystylistiques d'une extrême densité. Il observe que la distance affaiblit les relations harmoniques mais renforce l'indépendance polyphonique[189]. Il superpose donc des groupes instrumentaux distincts, chacun avec sa propre musique, souvent dans un style, un tempo et une métrique contrastés, en les plaçant à des endroits différents de la salle de concert.

Sur le plan de la notation, Brant est un pragmatique. Il n'invente pas de nouveaux symboles complexes mais s'en tient à une notation traditionnelle, claire et économique, pour minimiser les difficultés de répétition[190]. La complexité spatiale n'est pas encodée dans les portées, mais

[188] BRANT, Henri. « Spatial music progress report », 1978, https://henrybrant.com/wp-content/uploads/2015/06/SPATIAL_MUSIC_PROGRESS_REPORT.pdf (consulté le 22 aout 2025)

[189] JAFFE, D. A. « In Memoriam, Henry Brant ». April 29, 2008, https://www.davidajaffe.com/writings/in-memoriam-henry-brant.html (consulté le 22 aout 2025)

[190] *Ibid.*

définie en amont, dans des plans de salle et des instructions de placement qui font partie intégrante et impérative de la partition[191]. Pour son œuvre fondatrice, *Antiphony I* (1953), la partition spécifie la division de l'orchestre en cinq groupes distincts, chacun dirigé par son propre chef, avec des instructions explicites sur leur positionnement.

Ici encore, la partition fonctionne comme un ensemble de scripts coordonnés. Elle contient la musique de chaque groupe, mais la relation spatiale entre ces groupes — qui est l'essence même de l'œuvre — est définie à l'extérieur de la notation musicale proprement dite. L'œuvre complète n'émerge que lorsque le plan architectural est scrupuleusement appliqué.

3.3.3 Karlheinz Stockhausen — La compression des processus spatiaux

Chez Karlheinz Stockhausen, notamment dans son œuvre *Gruppen* pour trois orchestres (1957), la spatialisation naît d'une nécessité compositionnelle interne. Stockhausen souhaitait superposer des groupes de sons évoluant à des vitesses (tempos) différentes et indépendantes. La réalisation pratique d'une telle polyphonie de tempos s'avérant impossible avec un seul chef, Stockhausen a eu l'idée de diviser l'ensemble en trois orchestres, chacun avec son propre chef, placés à gauche, au centre et à droite du public. La spatialisation est donc la conséquence d'un problème de structuration temporelle.

Gruppen de Karlheinz Stockhausen constitue un exemple remarquable de compression orchestrale fondée sur une structuration sérielle multidimensionnelle. L'œuvre repose sur une série dodécaphonique qui organise non seulement les hauteurs, mais aussi les tempi, durées et métriques de chacun des 32 groupes. Cette intégration formelle dense permet de superposer plusieurs processus temporels simultanés, répartis sur les trois orchestres spatialement distincts. La spatialisation ne résulte pas d'une volonté illustrative, mais d'une contrainte compositionnelle liée à la polyphonie de tempos, rendue réalisable par l'emploi des trois chefs. L'organisation spatiale est donc le prolongement direct de la logique interne de l'œuvre. Stockhausen n'indique aucun mouvement explicite dans la partition : les effets spatiaux émergent de relais orchestraux, de transitions timbriques et de modulations de densité entre ensembles. La partition fonctionne comme un système de codage compact des transformations sonores. Elle compresse dans l'écriture les conditions d'un déploiement perceptif complexe, où l'espace résulte de la structure. *Gruppen* apparaît ainsi comme une modélisation orchestrale où forme, temps et espace sont indissociablement liés.

Dans cette pièce, un groupe désigne une unité musicale autonome définie par un tempo, une durée, une densité et une instrumentation spécifiques. Ces groupes sont issus d'un processus sériel appliqué à plusieurs paramètres. Ils peuvent se succéder, se superposer ou s'insérer entre eux, souvent répartis entre les trois orchestres. Chaque groupe agit comme un module indépendant dans une structure globale. Leur agencement crée une perception spatiale et temporelle dynamique. On en compte 32 au total, incluant groupes principaux, insérés et combinés (voir

[191] BRANT, *op. cit.*

la figure 20, qui présente un schéma didactique de Stockhausen destiné à séquencer les valeurs attribuées à chaque groupe).

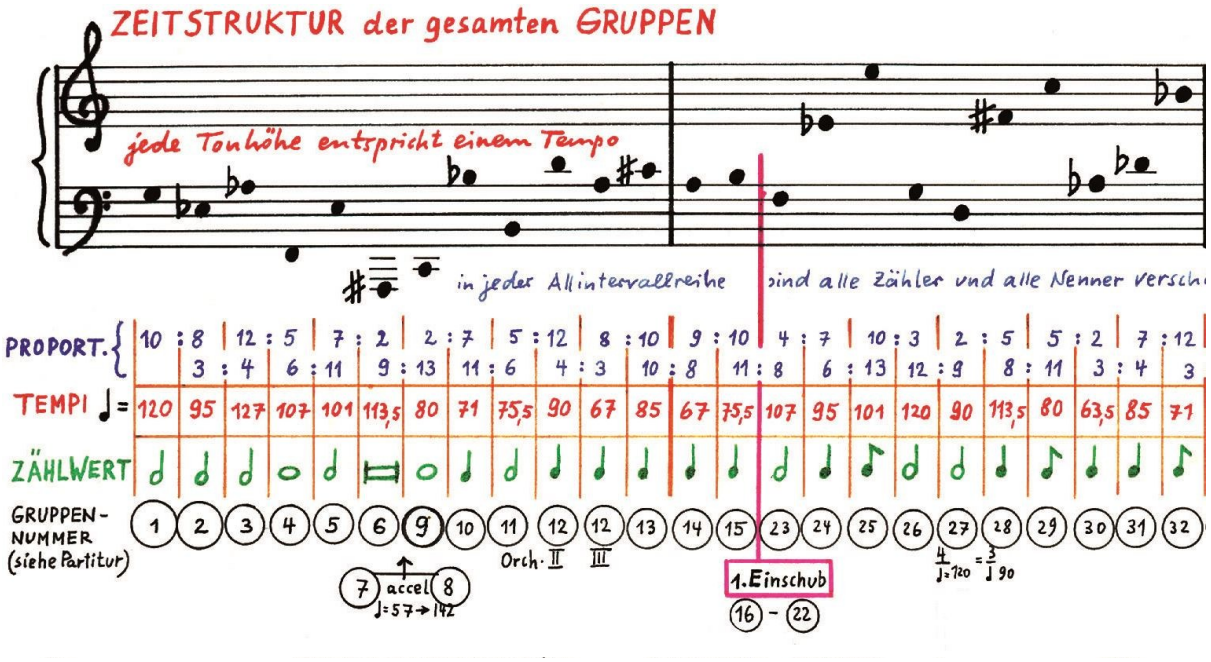


Figure 20 : Extrait du schéma de la forme temporelle de Gruppen montrant la série dodécaphonique originale de la pièce ainsi qu'une variation réorganisée. Ces séries déterminent le tempo, la durée et la métrique de base des 24 groupes présentés, auxquels s'ajoutent 7 groupes insérés et quelques groupes combinés, portant le total à 32 groupes. Source : www.karlheinzstockhausen.org

Le mouvement des masses sonores, les passages où des accords ou des textures semblent « voler » à travers la salle est le résultat audible de stratégies d'orchestration et de passages de timbres, de densités ou de figures rythmiques d'un orchestre à l'autre[192]. Par exemple, un accord de cuivres tenu dans l'orchestre I peut être relayé par un accord de même registre mais de timbre différent (cordes) dans l'orchestre II, puis par des percussions dans l'orchestre III. L'auditeur perçoit un mouvement, une transformation spatiale de l'objet sonore.

La partition de Stockhausen, cependant, ne montre que la distribution temporelle et instrumentale des événements. L'effet spatial est une émergence qui doit être déduite par l'analyse de l'orchestration, et non lue directement. La partition est un proxy dont la dimension spatiale est encodée de manière implicite dans la structure même de la musique.

3.3.4 Conclusion

Aucun de ces pionniers n'a « résolu » le problème de la notation de l'espace au sein du système traditionnel. Ils ont plutôt développé des contournements sophistiqués et conceptuellement

[192] OVERHOLT, Sara Ann. Karlheinz Stockhausen's Spatial Theories : Analyses of Gruppen für drei Orchester and Oktophonie, Electronische Musik vom Dienstag aus LICHT. Thèse de doctorat, University of California, Santa Barbara, 2006. http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&res_dat=xri:pqdiss&rft_dat=xri:pqdiss:3233734 (consulté le 17 juillet 2025).

puissants. Mais tous ont recours à un espace intermédiaire raccordant une topologie à la partition par des opérations de translation d'espace. Dans chaque cas, la partition agit comme un proxy, un outil de contrôle indirect qui pointe vers une réalité spatiale qu'elle ne peut elle-même représenter directement.

3.4 La notation graphique entre impasse et échappatoire

Face aux limites du système de notation traditionnel à représenter certaines dimensions sonores émergentes au XXe siècle — notamment le timbre, la texture, les masses sonores et l'espace — plusieurs compositeurs ont eu recours à la notation graphique. Celle-ci a permis d'ouvrir un champ de représentation non contraint par les conventions de la portée, autorisant une organisation visuelle plus libre, souvent inspirée des arts plastiques, de l'architecture ou de la cartographie.

Ces partitions graphiques peuvent relever de deux régimes distincts. Certaines, conçues comme guides d'écoute, cherchent à donner une représentation visuelle d'une œuvre déjà réalisée. Elles adoptent alors une fonction illustrative, pédagogique ou analytique, traduisant les phénomènes sonores perçus en symboles, formes, couleurs ou tracés. C'est le cas de la célèbre transcription[193] graphique d'*Artikulation* de Ligeti par Rainer Wehinger (1970), dans laquelle les sons électroniques sont représentés par des figures colorées, organisées dans l'espace de la page selon leurs caractéristiques dynamiques, spectrales et spatiales (figure 21). De telles partitions ne sont pas destinées à être interprétées, mais à offrir une visualisation perceptible de l'œuvre.

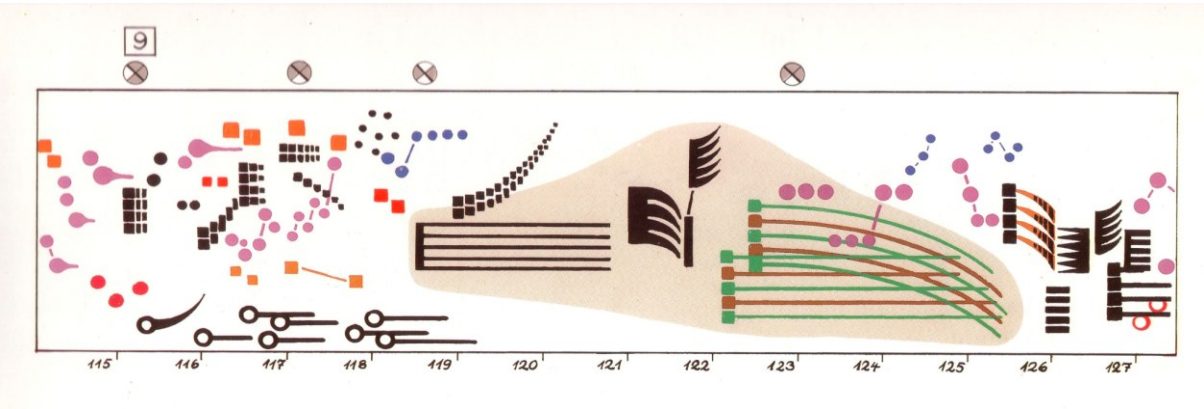


Figure 21 : Extrait de la partition graphique d'*Artikulation* de Geogy Ligeti par Rainer Wehinger, 1970. Source : édition Schott

D'autres partitions, à l'inverse, servent de supports d'interprétation. Elles cherchent moins à décrire qu'à prescrire, tout en s'éloignant des contraintes de la notation conventionnelle. Dans *Treatise* (1963–1967) de Cornelius Cardew, par exemple, la partition se compose de 193 pages

[193] À consulter sous forme de vidéo synchronisée : https://youtu.be/71hNl_skTZQ?si=tl_hSiwp-tFLtxp7 (consulté le 20 juillet 2025)

de formes géométriques abstraites, sans légende ni indication fixes. L'interprétation repose entièrement sur l'élaboration d'un système de correspondances par les musiciens. De même, les partitions de Morton Feldman (*Projection 1*, 1950), ou d'Earle Brown (*December* 1952), utilisent des symboles graphiques non standards, souvent sans rapport univoque avec des hauteurs ou des durées précises. Ces partitions mobilisent une lecture temporelle mais confient à l'interprète la définition des paramètres sonores effectifs.

Dans le domaine de la spatialisation sonore, la notation graphique semble offrir des possibilités spécifiques. Le support bidimensionnel permet de suggérer des déplacements, des répartitions de sources ou des comportements dynamiques dans l'espace d'écoute. Un tracé horizontal peut évoquer un déplacement latéral du son, une figure en expansion peut suggérer une masse sonore croissante. Toutefois, cette iconicité apparente reste fondamentalement métaphorique. La notation graphique, sur support papier, ne permet que rarement de coder avec précision des trajectoires spatiales, des synchronisations inter-canaux ou des paramètres de diffusion. Elle peut évoquer des configurations, mais non les fixer rigoureusement.

Il existe cependant des exemples où la représentation graphique spatialisée sur papier se rapproche d'une cartographie sonore. On peut citer les expérimentations de Iannis Xenakis dans ses dessins de masses sonores (notamment pour *Metastasis*), qui superposent une pensée architecturale et une organisation musicale du temps et de l'espace, traduite graphiquement en courbes, pentes et surfaces. De même, des compositeurs comme Anestis Logothetis[194] ou Roman Haubenstock-Ramati ont produit des partitions qui, tout en étant destinées à l'interprétation, intègrent une dimension spatiale explicite dans leur organisation visuelle.

Enfin, certaines partitions issues de pratiques environnementales ou contextuelles peuvent être lues comme des cartes sonores analogiques. Elles proposent une figuration de la source sonore dans un espace topographique : trajets, points d'émission, changements d'échelle, etc. Ce type de représentation reste rare, mais témoigne d'un usage de la notation graphique comme outil de projection spatiale non-linéaire, souvent inspiré de la cartographie ou du dessin d'architecture.

En somme, si les partitions graphiques sur support papier ont constitué un apport décisif pour figurer des phénomènes sonores inédits ou difficilement notables — timbres complexes, dynamiques, comportements collectifs — elles montrent des limites dès lors qu'il s'agit de fixer des procédures spatiales complexes. Leur force réside dans leur capacité à évoquer, à suggérer, à ouvrir un espace d'interprétation. Mais pour concevoir une écriture opératoire de l'espace, reproductible et précise, d'autres dispositifs doivent être mobilisés.

[194] Les principes d'écriture de Anestis Logothetis sont exposés sur cette page : http://anestislogothetis.musicportal.gr/the_graphic_notation/?lang=en (consulté le 27 juillet 2025)

3.5 La littéralité de l'espace numérique

La partition papier, qu'elle relève de la notation traditionnelle ou de formes graphiques plus ouvertes, permet de représenter certains aspects de l'espace sonore, mais ne peut en proposer qu'une modélisation partielle et indirecte. En revanche, les environnements numériques rendent possible une formalisation explicite de l'information spatiale. Grâce aux stations de travail audio numériques (DAW) et aux environnements de programmation visuelle, l'écriture de l'espace peut être conçue comme un ensemble de données précises, modulables et reproductibles. Dans ce cadre, la spatialisation ne repose plus sur la suggestion ou l'interprétation, mais sur la spécification de trajectoires, de positions et de comportements sonores, encodés comme des instructions exécutables.

3.5.1 L'automation comme écriture de l'espace dans les DAW

L'avènement des stations de travail audio numériques (DAW) — des logiciels comme Pro Tools, Logic Pro, Ableton Live ou Reaper — a introduit un changement de paradigme fondamental dans la manière d'écrire et de concevoir la musique. La représentation musicale n'est plus uniquement basée sur des symboles discrets (notes, silences) organisés sur une portée, mais sur l'enregistrement et la manipulation de données continues dans le temps, qu'il s'agisse de formes d'ondes audio ou de messages MIDI.

3.5.2 Les courbes d'automation : une notation littérale

Le concept clé qui révolutionne la notation de l'espace est celui de l'automation. L'automation permet d'enregistrer et de programmer l'évolution de n'importe quel paramètre d'un mixage au fil du temps. Pour la spatialisation, le paramètre le plus direct est le panoramique (panning). Dans une DAW, une courbe d'automation de panoramique est une ligne graphique tracée sur une piste dédiée, où l'axe horizontal représente le temps et l'axe vertical représente la position exacte de la source sonore dans le champ stéréo (de 100 % à gauche à 100 % à droite).

Cette représentation est fondamentalement différente des instructions spatiales sur une partition papier. Ce n'est pas un proxy. Une indication comme « passage du son de gauche à droite sur 2 mesures » est une instruction abstraite laissée à l'interprétation. Une courbe d'automation, en revanche, est une notation littérale et hyper-spécifique. Elle définit la valeur exacte du paramètre de panoramique à chaque instant, avec une précision qui peut atteindre la milliseconde. La forme de la courbe (linéaire, exponentielle, sinusoïdale) définit la nature exacte du mouvement. C'est un script d'exécution directement interprétable par la machine, garantissant une reproductibilité parfaite de l'effet spatial à chaque lecture.

Cette approche résout le conflit dimensionnel qui handicape la partition papier. Alors que la partition est contrainte par ses deux axes (temps et hauteur), une DAW peut afficher des dizaines de « pistes d'automation » pour une seule piste audio. Chaque paramètre (volume, panoramique gauche-droite, panoramique avant-arrière, envoi vers la réverbération, fréquence de coupure d'un filtre, etc.) dispose de son propre axe vertical « valeur », indépendant des autres.

La DAW ne souffre donc pas d'une pénurie de dimensions de notation ; elle les démultiplie à volonté, offrant un axe dédié à chaque nuance du son, y compris ses multiples composantes spatiales.

3.5.3 La session comme partition d'exécution

Cette logique atteint son plein potentiel dans le contexte du mixage surround (5.1, 7.1, Dolby Atmos, etc.). Les outils de panning intégrés aux DAW modernes permettent de placer et de déplacer des « objets sonores » dans un espace tridimensionnel simulé avec une grande précision. Le mixeur peut dessiner des trajectoires complexes, définissant non seulement la position azimutale (gauche-droite) mais aussi la profondeur (avant-arrière) et, dans les formats les plus avancés, l'élévation (haut-bas).

Dans ce contexte, le fichier de session de la DAW est la véritable partition de l'œuvre spatiale. Ce fichier contient l'intégralité des informations nécessaires à sa reconstitution sonore : les pistes audio et MIDI, les réglages de tous les plugins d'effets (égaliseurs, compresseurs, réverbérations) et, de manière cruciale, toutes les courbes d'automation qui gouvernent l'évolution de ces paramètres dans le temps. Ce n'est plus une abstraction destinée à être interprétée par un humain ; c'est un ensemble complet et exhaustif d'instructions destinées à la machine. La session DAW est une partition d'exécution, un document qui ne décrit pas l'œuvre mais qui, en un sens, est l'œuvre dans sa forme potentielle, prête à être actualisée par le moteur audio du logiciel. Le proxy a été remplacé par un script d'exécution déterministe.

3.6 Le patch comme partition — la spatialisation algorithmique

Si les DAW offrent une écriture littérale des trajectoires spatiales, les environnements de programmation visuelle comme « Max/MSP » de Cycling 74 ou son équivalent open-source « Pure Data » (PD) poussent la logique de la « partition-machine » encore plus loin. Dans ces logiciels, l'unité de base n'est plus l'événement sur une timeline, mais l'objet de programmation, et la partition n'est plus une séquence d'événements, mais un patch : un programme graphique qui définit des processus, des logiques et des relations entre des flux de données.

3.6.1 Le patch comme partition de processus

Un patch de spatialisation dans Max/MSP est fondamentalement différent d'une courbe d'automation dans une DAW. La courbe d'automation décrit un chemin spécifique et fixe. Le patch, lui, peut décrire un système capable de générer une infinité de chemins en fonction de règles prédéfinies, de processus aléatoires ou d'interactions en temps réel. C'est une forme de notation de second ordre : le compositeur n'écrit pas le résultat spatial, mais l'algorithme qui le produit. Il ne dessine pas la trajectoire, il conçoit le moteur qui va la calculer.

Par exemple, un patch pourrait être programmé pour que la position d'un son dans l'espace soit déterminée en temps réel par l'intensité de la note jouée par un musicien, ou par la densité

spectrale d'un signal entrant. Un autre patch pourrait générer des mouvements browniens aléatoires pour une nuée de grains sonores à l'intérieur d'un volume défini. Cette approche générative et non-linéaire est conceptuellement impossible à figer sur une partition papier ou même sur une timeline de DAW.

3.6.2 Étude de cas : la bibliothèque spat de l'IRCAM

L'exemple le plus abouti de cette approche est la bibliothèque Spat (Spatialisateur), développée à l'IRCAM et intégrée à Max/MSP. Spat est un moteur audio temps réel extrêmement puissant pour la spatialisation, la réverbération artificielle et la diffusion sonore. Il met à la disposition du compositeur une vaste gamme d'algorithmes de spatialisation sophistiqués, tels que le VBAP[195] (Vector-Base Amplitude Panning), l'Ambisonie d'ordre élevé (HOA)[196], la WFS (Wave Field Synthesis)[197], et d'autres algorithmes issus des dernières recherches.

Utiliser Spat dans un patch Max permet d'atteindre un niveau de littéralité ultime. Le compositeur peut non seulement définir les coordonnées (x,y,z) et les trajectoires des sources sonores, mais aussi modéliser et contrôler les propriétés acoustiques de l'espace virtuel lui-même : la taille et la forme de la pièce, les matériaux des murs (qui déterminent l'absorption des fréquences), la densité et la durée de la réverbération précoce et tardive, etc. La physique de l'espace acoustique est elle-même « écrite » dans les paramètres du programme. Le patch devient une description exhaustive du modèle acoustique global.

De plus, l'intégration dans Max permet de lier ces paramètres spatiaux à n'importe quelle source de données : des capteurs de mouvement, des interfaces gestuelles, des analyses de flux vidéo, des données provenant d'internet, ou d'autres processus musicaux au sein du même patch. Cela ouvre la voie à des œuvres spatiales interactives, génératives et évolutives, où la partition est un système dynamique vivant, réactif.

Le tableau 3 compare les paradigmes de la DAW et des environnements de programmation, mettant en évidence leurs philosophies distinctes de l'écriture spatiale.

---

[195] PULKKI, Ville. « Virtual Sound Source Positioning Using Vector Base Amplitude Panning », *Journal of the Audio Engineering Society*, juin 1997, Vol. 45/6, p. 456.

[196] GERZON, Michael A. « Periphony: With-Height Sound Reproduction », *Journal of the Audio Engineering Society* 21, no. 1, 1973, p. 2–10. et GERZON, A., « The design of precisely coincident microphone arrays for stereo and surround sound », prepr. L-20 of *50th Audio Eng. Soc. Conv*. 1975

[197] BERKHOUT, A. J. « A Holographic Approach to Acoustic Control », *Journal of the Audio Engineering Society,* vol. 36, no. 12, 1988, p. 977–995.

Outil	Unité de Base	Nature de la « Partition »	Représentation de l'Espace	Temporalité	Avantage Principal
DAW	Événement audio/MIDI sur une timeline	Fichier de session (archive statique d'un résultat)	Courbes d'automation (trajectoire fixe et déterminée)	Linéaire, fixée (mais non-linéaire pour l'édition)	Précision, contrôle fin et reproductibilité parfaite du mixage
Max/MSP Pure Data	Objet de programmation, flux de données	Patch (processus dynamique, algorithme)	Algorithmes, règles, modèles physiques (potentiel de trajectoires)	Non-linéaire, temps réel	Générativité, interactivité, complexité des processus, modélisation de l'espace

Tableau 3 : Comparaison entre DAW et environnements de programmation. Source : Maxence Mercier (2025)

Cette distinction est fondamentale. Elle montre que même au sein du monde numérique, il existe différents degrés et différentes philosophies de la « littéralité ». La DAW permet de fixer un résultat spatial avec une précision absolue. Max/MSP permet de fixer une logique spatiale, un ensemble de règles et de comportements. Ces approches opposées peuvent néanmoins articuler leurs fonctions respectives dans un workflow numérique, l'une des pierres angulaires étant le protocole de communication Open Sound Control. Nous reviendrons sur ce protocole dans le chapitre sur Sound Trajectory, un outil et un instrument qui fait l'interface entre les interfaces sur la table d'écriture du studio mais qui fonctionne également comme instrument autonome sur scène ou les installations sonores.

3.7 La coexistence des modèles : texte, processus et performance

Après avoir établi les limites de la partition papier en tant que proxy comme une thèse et la littéralité de l'écriture spatiale dans l'environnement numérique comme une antithèse, la synthèse se propose d'expliquer comment les fonctions de partition se sont transformées pour pouvoir supporter l'espace comme un paramètre d'écriture et comment la partition héritée du manuscrit coexiste désormais avec les outils numériques. L'œuvre musicale spatiale contemporaine n'est plus contenue dans un seul document, mais émerge d'un écosystème de supports complémentaires qui redéfinissent ensemble la notion même d'œuvre.

La révolution numérique n'a pas rendu la partition papier obsolète ; elle a plutôt spécialisé et clarifié sa fonction. Dans le contexte de la musique exigeant l'interprétation de propriétés spatiales avancées, la partition n'est plus le dépositaire unique et exhaustif de l'œuvre, mais elle conserve un rôle irremplaçable en tant qu'interface optimisée pour l'acteur humain.

3.7.1 La partition papier : une interface pour la performance humaine

La partition traditionnelle, avec ses conventions et même ses limitations, est un outil remarquablement adapté à la cognition humaine et à la collaboration en temps réel. Elle fournit une abstraction de haut niveau, un « conducteur »[198] qui guide les musiciens dans leurs actions. Sa structure visuelle relativement normalisée permet d'appréhender d'un coup d'œil la forme, les relations entre les parties et les points de repère essentiels à la synchronisation d'un ensemble[199]. Elle est conçue pour être lue et interprétée par des humains, dont le processus de lecture n'est pas linéaire et mécanique mais fait appel à l'anticipation, à la mémoire et à une expertise perspective développée par des années de pratique[200].

Dans une œuvre de Xenakis ou de Brant, la partition individuelle d'un musicien n'a pas besoin de contenir toute l'information spatiale de l'œuvre. Elle doit lui fournir, de la manière la plus claire et la moins ambiguë possible, ce qu'il doit jouer, quand il doit le jouer, et comment. Le plan de salle, bien qu'externe, est une instruction simple et unique : « installez-vous ici ». La partition reste ainsi une interface efficace pour la performance, déléguant la complexité globale à la coordination des chefs et à la disposition physique préétablie. Son rôle de proxy est en réalité sa force : en abrégeant l'information, elle reste lisible et fonctionnelle pour l'humain dans le feu de l'action.

3.7.2 Le fichier numérique : la partition d'exécution pour la machine

En contrepoint, le fichier numérique (qu'il s'agisse d'une session de DAW ou d'un patch Max/MSP) assume le rôle de partition d'exécution pour la machine. C'est une partition de bas niveau, qui contient les détails techniques, les données précises et les processus algorithmiques que l'ordinateur doit exécuter. Elle est optimisée non pas pour la cognition humaine, mais pour la précision computationnelle, la reproductibilité parfaite et la gestion d'une complexité de paramètres qui dépasserait largement les capacités de lecture d'un interprète humain.

Cette distinction est cruciale. Tenter de noter la myriade de paramètres d'un patch de spatialisation sur une partition papier est très peu praticable. De même, utiliser un programme d'accompagnement pour générer une partition en temps réel pour guider un interprète dans son phrasé est une proposition complexe et extrêmement stressante pour les musiciens. Chaque support a sa spécialité, son destinataire et sa fonction.

---

[198] Deneu, Manuel. *Quels nouveaux paradigmes pour l'écriture de l'espace sonore ? Mémoire* de fin d'études, École Nationale Supérieure Louis-Lumière, 2013, https://www.ens-louis-lumiere.fr/wp-content/uploads/2024/02/ENSLL_SON_DENEU_2013.pdf (consulté le 20 juillet 2025)

[199] SLOBODA, J. A. « The Uses of Space in Music Notation », *Visible Language*, vol 15, no 1, p. 86-110, 1981, https://journals.uc.edu/index.php/vl/article/view/5316 (consulté le 22 aout 2025)

[200] WONG, Y.K., GAUTHIER, I. « Holistic processing of musical notation: Dissociating failures of selective attention in experts and novices ». *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience,* no 10, 2010, p. 541–551 https://doi.org/10.3758/CABN.10.4.541

3.7.3 La coexistence dans les oeuvres mixtes

Le cas des œuvres de musique mixte, qui combinent des instruments acoustiques joués en direct et des dispositifs électroniques, illustre parfaitement cette coexistence fonctionnelle. Dans une telle pièce, le musicien humain sur scène lit une partition papier qui guide son jeu instrumental. Simultanément, un ordinateur fait tourner un patch dans le logiciel Max/MSP. Ce patch fonctionne comme une partition parallèle : il organise la synthèse, le traitement du son et la spatialisation. L'œuvre n'est donc pas contenue uniquement dans la partition papier, ni uniquement dans le patch ; elle prend forme dans leur interaction en temps réel. Cette interaction repose sur des systèmes de synchronisation : parfois le musicien suit un clic rythmique envoyé par l'ordinateur, parfois il déclenche une action qui active un cue. Un cue est simplement un repère (chiffre ou lettre noté dans la partition) qui indique à quel moment une intervention électronique doit être lancée. Les œuvres les plus avancées utilisent quant à elles des systèmes de « score following » comme Antescofo.

Cette réalité nous oblige à repenser la notion d'œuvre musicale. L'œuvre spatiale contemporaine ne repose pas sur un « texte » unique et monolithique contenu dans une partition. Elle est devenue un écosystème de documents et de processus : la partition pour le chef, les parties individuelles pour les musiciens, les plans de salle, les instructions de performance, le patch Max pour l'électronique, la session multipiste pour la diffusion multicanale, etc. Pour les œuvres avec instrumental et électronique, le manuscrit s'est étendu ainsi de la partition vers le processus, avec l'ensemble des instructions, des conditions de performance et des logiques interactives qui permettent de recréer l'œuvre. La figure 22 présente un exemple extrême avec IanniX[201] où la partition est remodelée en temps réel, elle ne se destine plus à un interprète mais au public. Sa représentation conditionne la synthèse du son en temps réel.

[201] JACQUEMIN Guillaume, CODUYS Thierry, RANC Matthieu. « IANNIX 0.8 », *Journées d'Informatique Musicale*, 2012, Mons, France. ⟨hal-03041777⟩

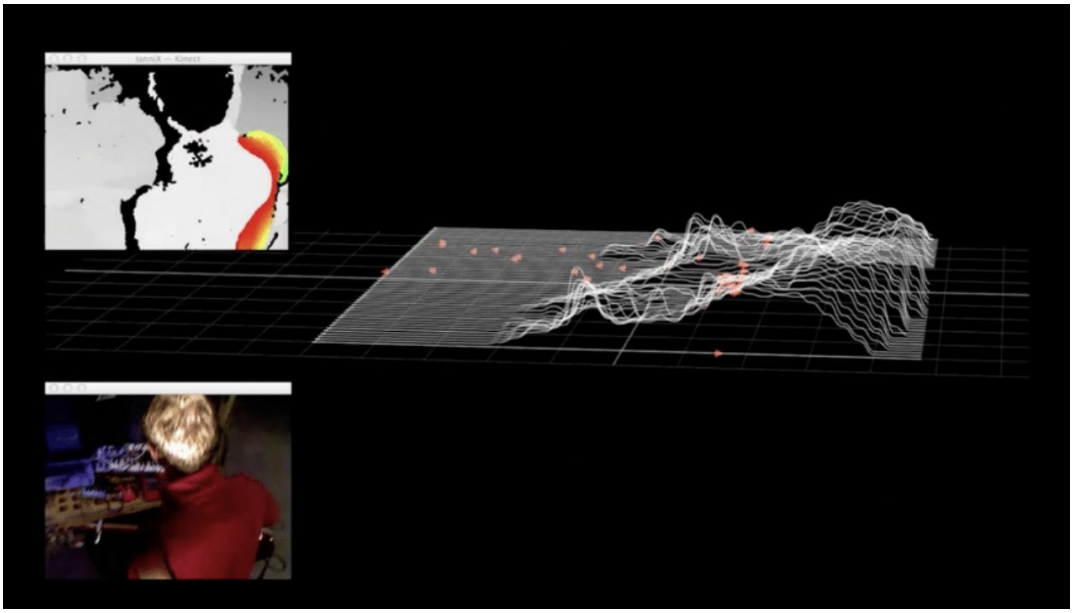


Figure 22 : Capture d'écran de *lanniX*[202] de la partition interactive pour *Fa Octothorp* de Guillaume Jacquemin et Matthieu Ranc ; une caméra Kinect capte une image 3D qui extrude un maillage de courbes dans *lanniX* sur lesquelles circulent des curseurs contrôlant la synthèse sonore. Source : Iannix.com

3.8 Conclusion : la dimension cachée à l'air libre

Le sujet de ce chapitre portait sur la nature de la partition considérée comme proxy pour la spatialisation, et sur la « littéralité de l'espace » comme une « dimension cachée de la surface d'une partition ». Nous avons défini et nuancé cette proposition. Elle sera de nouveau convoquée pour exposer les alternatives développées dans le logiciel Sound Trajectory pour supporter l'inscription, l'exécution et la visualisation de l'écriture dans une approche de réduction hiérarchique de l'information.

La dimension spatiale, pour des raisons sémiotiques et cognitives fondamentales, reste largement cachée ou implicite dans la notation sur papier. Même les tentatives les plus audacieuses n'ont pu que créer des proxys sophistiqués. La simplicité reste de mise pour donner vie aux intentions des compositeurs.

L'avènement des outils numériques a permis de révéler cette dimension cachée, de la rendre explicite, littérale et programmable. La courbe d'automation dans une DAW et, plus encore, le patch dans un environnement de programmation visuelle, constituent de nouvelles formes d'écriture qui ne décrivent pas seulement l'espace, mais le modélisent et le génèrent et ce sur bien d'autres dimensions que la seule spatialité du son.

La partition traditionnelle conserve sa force, l'évolution a néamoins spécialisé sa fonction. Elle est un proxy essentiel qui donne accès à un savoir incarné bien plus riche que le seul vocabulaire symbolique employé en notation. La partition est une interface de haut niveau, une carte

[202] https://www.iannix.org/fr/

de navigation optimisée pour les acteurs humains de la performance musicale. Le fichier numérique, quant à lui, est devenu aussi bien l'archive technique que le moteur du processus spatial lui-même. Le passage du papier au numérique n'a pas remplacé la partition ; il a distribué ses fonctions entre différents supports, chacun excellant dans son domaine.

Les perspectives résident sans doute dans la convergence de ces deux mondes. Les partitions hybrides et augmentées, sur supports dynamiques comme les tablettes[203] proposent désormais des capacités de consultation et de reformatage à la volée permettant de nombreuses configurations qui sont à découvrir[204].

De tels systèmes peuvent combiner plusieurs approches synchronisées : une notation conventionnelle claire pour l'interprète, superposée à des couches d'informations interactives. Le musicien pourrait, d'une simple pression, visualiser en 3D la trajectoire sonore qu'il doit créer, entendre une simulation de l'effet, ou même contrôler directement certains paramètres du patch Max depuis sa partition. Ces capacités sont d'ores et déjà exploitées depuis 2010 et l'arrivée des premiers iPad. Des expérimentations ont eu lieu bien avant, elles continueront encore, la conférence internationale Ténor regorge chaque année de présentations de projets ne cessant de se diversifier. Le proxy que nous avons évoqué est une fonction discrète qui devrait l'être plus encore à l'avenir. Il importe de pouvoir continuer à la maîtriser. C'est là l'un des enjeux face au processus d'automatisation généralisée qui déferle sur les écosystèmes numériques, tout l'espace étant investi, la musique ne peut être épargnée, spatialisation y compris.

[203] MATMATI, Jawher. (2022). *op. cit.*

[204] HOPE, Cate, « The future of music notation in a digital world ». 2019. https://lens.monash.edu/@politics-society/2019/07/19/1375851/the-future-of-music-notation-in-a-digital-world (consulté le 23 juillet 2025)

PARTIE 2 : CONTRIBUTIONS

Chapitre 4 Persistance et résistance de l'expérience : l'esthétique relationnelle et la performance artistique face à l'atomisation numérique (2000-2020)

Ce chapitre présente deux œuvres emblématiques de ma production au cours des décennies 2000 et 2010. La présentation de *Reflet* (2005) et *Iquisme* (2015), constitue une mise en perspective critique de certaines orientations esthétiques et techniques ayant structuré ma démarche durant cette période. Au-delà de l'analyse des dispositifs et des méthodes, il s'agit d'inscrire ces réalisations dans une cartographie réflexive, contribuant à une lecture située des conditions de production et des paradigmes alors à l'œuvre dans le champ de l'art numérique.

Cette phase de mon travail était marquée par une attention aux dynamiques sociales de la création. Les préoccupations écosophiques, encore latentes, ne structuraient pas encore ma pratique artistique. L'espace y était pensé selon des logiques de projection, d'expansion, de monumentalité dans des contextes internationaux. La mobilité, les dispositifs à grande échelle, la circulation sans contrainte constituaient alors des conditions admises de la pratique.

Vue depuis le prisme des enjeux écologiques contemporains, cette posture m'apparaît aujourd'hui révolue. Ce retour critique participe ainsi d'un état de l'art personnel, en interrogeant les conditions de possibilité, les implicites idéologiques et les régimes de production qui ont façonné cette période.

4.1 Introduction : La tension fondamentale de l'ère numérique

La période s'étendant de 2000 à 2020 est marquée par un paradoxe fondamental qui a reconfiguré en profondeur les structures de l'expérience humaine et, par conséquent, les pratiques de création artistique. D'une part, cette période a vu l'avènement et la démocratisation de technologies de réseau promettant une connexion globale sans précédent, un accès ubiquitaire à l'information et la constitution d'un nouvel espace public mondial. D'autre part, cette même vague technologique a engendré ce que l'on peut qualifier d'« atomisation de l'expérience » : un processus de fragmentation des contenus, d'individualisation des usages, et de désincarnation progressive des interactions sociales. Cette tension entre une connectivité promise et une solitude vécue, entre la communauté virtuelle et l'isolement physique, constitue le champ de forces au sein duquel les arts médiatiques ont dû se redéfinir. Loin d'être de simples réceptacles passifs de ces mutations, les pratiques artistiques se sont affirmées comme des laboratoires critiques, interrogeant, mettant en scène, et parfois cherchant à subvertir les logiques nouvelles imposées par le numérique.

Ce chapitre se propose d'analyser cette mutation des supports et des formes de création en examinant comment des modalités artistiques fondées sur la co-présence physique et l'interaction sociale — l'esthétique relationnelle, le rituel du concert, l'installation et la performance

— ont persisté et résisté à cette atomisation de l'expérience numérique. Notre analyse s'appuiera sur deux études de cas emblématiques, qui jalonnent cette période et en révèlent les moments charnières : le projet en réseau *Reflet* (2006) initié avec Thomas Fourmond au sein du collectif Otra à partir de 2003, et l'opéra-vidéo *Iquisme* (2015) amorcé dès 2010. Ces deux œuvres, conçues à près d'une décennie d'intervalle, balisent mon parcours au sein de l'art numérique, entre le net-art et mes projets de compositions musicales. Ces deux œuvres mettent en scène, avec des stratégies radicalement différentes, une lutte entre le collectif et l'individualité. Sans rejet technophobe, mais à revers des tendances globalisantes, ces œuvres proposent des formes de résistance hybride entre l'analogique et le numérique, qui reconfigurent et questionnent la nature même de l'interaction et de l'action collective dans la sphère publique.

L'approche est diachronique, je compare ces deux œuvres pour tracer une trajectoire de mes réponses artistiques face à l'évolution technologique et ses conséquences sociologiques. Les propos qui résultent de cette étude, extrapolent le discours qui avait accompagné la création de ces œuvres. Cette extension réflexive vise à définir l'ancrage critique vis-à-vis des médiums supportant mon écriture.

Cette approche aborde les théories des médias, les études sur la performance et une application critique de l'esthétique relationnelle, afin de mettre en lumière comment ces créations antérieures m'ont confronté à la machine et n'ont cessé de me ramener à l'importance de l'incarnation, du rituel et des fondements relationnels de l'expérience collective.

4.1.1 Reflet (2004–2012)

Reflet est une œuvre numérique interactive conçue entre 2004 et 2012 en collaboration avec Thomas Fourmond. Elle permettait à chaque visiteur de laisser une contribution écrite ou sonore, dans l'alphabet ou la langue de son choix, via différentes interfaces (borne, site web, SMS). Présentée sous forme de tableaux animés, installations ou projections monumentales, l'œuvre mettait en circulation ces fragments dans un flux visuel et sonore évolutif. Chaque contribution diminuait progressivement en visibilité et en intensité sonore jusqu'à disparaître après un an (figure 23). Pensée avant l'émergence des réseaux sociaux, *Reflet* proposait une forme de mémoire collective anonyme et décentralisée. Elle s'inscrivait dans une démarche d'esthétique relationnelle, mettant en valeur l'expression individuelle dans un cadre commun. Le dispositif reposait sur un principe de rétroaction, où chaque apport pouvait influencer le devenir de l'œuvre. Sans modèle économique, *Reflet* a existé grâce aux soutiens publics et artistiques. Elle a constitué un terrain d'expérimentation marquant pour des recherches ultérieures sur les temporalités étendues et les corpus hétérogènes[205].

[205] https://maxencemercier.com/installation/reflet/ (consulté le 23 juillet 2025)

Figure 23 : Interface de contribution de *Reflet* en 2006, interface web Flash. Source : Otra

4.1.2 Iquisme (2010-2015)

Iquisme est un opéra vidéo pour soprano, ensemble instrumental, dispositif électroacoustique et vidéo générative. L'œuvre met en jeu une écriture intermédiatique fondée sur l'articulation en temps réel de trois régimes de signes : son, image et parole. Elle interroge les formes de la construction identitaire, en exposant un champ de divergences entre individualisme numérique et pensée relationnelle. Trois rôles sont confiés à un seul interprète : le narrateur, figure omnisciente, et deux personnages symboliques — le numérique (l'individuel, l'univoque) et l'analogique (le collectif, le relationnel).

Le dispositif scénique intègre des flux audiovisuels interactifs et génératifs. Les traitements sonores et visuels réagissent aux paramètres de la voix et de l'ensemble instrumental, modifiant l'espace de projection et la spatialisation sonore selon les dynamiques dramatiques. La vidéo représente des particules en mouvement, allégories des identités sociales et politiques, en constante transformation. La dramaturgie repose sur un principe de déséquilibre : chaque entité cherche l'unité, mais reste soumise à des forces de désorganisation.

L'œuvre propose ainsi une forme opératique, où la narration émerge d'un système instable de relations entre les médias. L'auditeur est placé dans une situation d'immersion perceptive, confronté à un excès d'informations et à une complexité formelle qui renvoie aux conditions de la

subjectivité contemporaine. À travers cette orchestration médiatique, *Iquisme* explore les mécanismes d'émergence, de conflit et de dissolution des formes de langage, d'identité et de mémoire.

Le corpus de l'œuvre pour le concert était également redéployé dans une installation immersive où la narration était dès lors guidée par des scénarios non linéaires génératifs, inaugurant mes méthodes de partition interactive.

4.2 Le contexte techno-Social (2000-2020) : De l'agora participative à l'atomisation algorithmique

Pour comprendre la portée des projets *Reflet*[206] et *Iquisme*, il est nécessaire de décrire le paysage technologique et social dans lequel ils ont émergé. Durant cette période de deux décennies, une accélération fulgurante s'est manifestée. Les idéaux utopiques d'un web collaboratif se sont progressivement érodés au profit d'une configuration dominée par des plateformes centralisées et des logiques algorithmiques d'automatisation. L'omniprésence des réseaux sociaux a transformé les interactions en expériences hautement virtualisées, générant chez les consommateurs de contenus des relations artificielles et déshumanisées. Parallèlement, cette évolution a favorisé une autonomie croissante des producteurs de contenus, donnant naissance à des figures emblématiques telles que les Youtubeurs et autres contributeurs de l'économie de la contribution. C'est dans ce contexte que se forge mon sentiment d'une atomisation de l'expérience numérique, un processus que nous définirons comme la double fragmentation du contenu médiatique et de l'expérience sociale.

4.2.1 L'utopie du Web 2.0 et la culture participative (2000-2008)

Le début des années 2000 marque une rupture paradigmatique dans l'histoire d'Internet, avec l'émergence de ce qui sera baptisé le « Web 2.0 »[207]. Ce terme, popularisé en 2004, désigne le passage d'un web « 1.0 » statique, où les utilisateurs étaient principalement des consommateurs passifs d'informations, à une nouvelle génération de plateformes dynamiques et interactives[208]. Le Web 2.0 est considéré comme un « web social », centré sur la collaboration, le partage et la production de contenus par les utilisateurs. Des services comme les blogs, les wikis (qui sera la base technique du projet Wikipédia), et les premiers réseaux sociaux (comme Facebook et Twitter) incarnent cette nouvelle philosophie. L'idéologie sous-jacente est celle d'une démo-

[206] MERCIER, Maxence. et FOURMOND, Thomas. « Dossier de présentation de Reflet », 2010 https://maxence-mercier.com/MEDIA/REFLET/Reflet_2010.pdf (consulté le 23 juillet 2025)

[207] NICO DU WEB, « Web 2.0 - L'ère de l'interaction sociale et collaborative », site internet, [s. d.], https://www.nico-du-web.com/page/web-2-0.html (consulté le 23 juillet 2025)

[208] CHAIMBAULT, Thomas. Web 2.0 : l'avenir du web ? Dossier Documentaire / septembre 2007, https://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/2-web-2-0-l-avenir-du-web.pdf (consulté le 17 juillet 2025)

cratisation radicale de la parole et de la création. Les utilisateurs ne sont plus de simples récepteurs mais des « co-participants » qui, par leurs contributions individuelles, participent à une « intelligence collective ». Cette ère est portée par un discours utopique puissant, voyant dans ces nouvelles technologies la promesse d'un nouvel espace public plus inclusif, favorisant l'émergence de nouvelles formes de sociabilité et d'actions collectives.

Figure 24 : copie d'écran des premières contributions de *Reflet*[209], 2006. Source : Otra

C'est précisément dans ce bouillonnement idéologique que naît le projet *Reflet* en 2006 (figure 24) à la suite d'une gestation issue des mouvements de protestation de la grève des intermittents du spectacle en 2003 qui déclenche l'annulation de nombreux festivals cette année-là. Déjà engagé dans des créations numériques, le collectif Otra, entité à géométrie variable, représentante des auteurs de *Reflet* qui invitait chacun de leurs collaborateurs à s'investir dans l'identité du collectif, proposait des happening vidéo, qui consistaient à projeter la nuit sur les façades des bâtiments publics, des contributions textuelles collectées la journée lors des manifestations. Il s'agissait d'une sorte de rémanence en écho aux revendications, destinée à faire perdurer des mots et des idées sur les murs des villes, par une appropriation de l'espace public. L'œuvre n'utilisait pas seulement les technologies de son époque (Flash, Puredata, serveurs Red5) ; elle incarnait les idéaux démocratiques de ce Web 2.0, tout en restant fermement attachée à permettre des contributions anonymes, l'œuvre étant en libre accès — sans aucune autre formalité que devoir se connecter à l'interface. Nous attendions de pied ferme, l'arrivée de dispositifs

[209] MERCIER, Maxence, et FOURMOND, Thomas. « vidéo des premières heures de Reflet », 2007 https://youtu.be/1ONQoTbELlY?si=qHBEMEfJHNnSOBW0 (consulté le 23 juillet 2025)

mobiles permettant de contribuer par le son et la vidéo. Nous serons dépassés en 2010 par l'hégémonie de Twitter et de Facebook, bien plus puissants, mais imposant la signature d'un compte qui tranchait fondamentalement avec notre approche. L'œuvre est décrite comme « contributive et collective », visant à ce que « chacun soit placé devant une potentialité d'action individuelle agissant dans la réalisation d'une œuvre collective ». Cette ambition de créer une métaphore de la vie sociale et de faire de l'art un terrain d'apprentissage de la démocratie fait directement écho aux principes de co-développement et d'intelligence collective du Web 2.0. En proposant une « agora » numérique accessible via le web, les SMS, des installations physiques, des projections monumentales, *Reflet* se voulait être une performance collective épousant les multiples temporalités du réel dans une interconnection mondialisée, une mise en oeuvre du web participatif pour la création d'un espace public renouvelé. L'œuvre a ainsi existé, « un temps » de 2006 à 2011, finalement relativement long à l'échelle du numérique, qui nous a permis une exploration critique des potentialités et des contradictions inhérentes du web 2.0 avant qu'il ne soit perverti par les logiques économiques des Gafa et les grands enjeux techniques et sécuritaires qui ont éloigné les artistes de ce médium, par manque de moyens et de compétences[210].

4.2.2 La révolution mobile et l'expérience nomade (2008-2020)

Si la première décennie du siècle est celle du web participatif sur ordinateur, la seconde est sans conteste celle de la révolution mobile. Le lancement de l'iPhone en 2007 et l'adoption massive des smartphones qui s'ensuit bouleversent radicalement les modes de consommation médiatique. L'accès à Internet devient ubiquitaire, permanent et personnel. Cette nouvelle ère consacre le modèle ATAWAD[211] (Any Time, Any Where, Any Device), où l'expérience n'est plus liée à un lieu ou à un moment précis, mais devient nomade, individualisée et à la demande.[4]

Les données sur les usages médiatiques confirmeront cette transition massive. Le temps passé sur les appareils mobiles dépassera celui passé sur les ordinateurs. Le smartphone devient l'objet le plus indispensable, la porte d'entrée principale vers les réseaux sociaux, les vidéos, les jeux et l'information. Cette transition technologique induit un changement culturel profond. Des pratiques comme le binge-watching de séries sur des plateformes de SVoD (Subscription Video on Demand), qui concernent plus de deux tiers des jeunes, sont emblématiques de cette nouvelle consommation : elle est asynchrone, solitaire et personnalisée. L'utilisateur compose

[210] Le programme Flash, ainsi que ses formats associés, a constitué pour de nombreux artistes une solution relativement accessible pour la création d'applications web interactives, notamment au sein de petites équipes de développement. L'évolution des exigences en matière de sécurité sur le web a toutefois amené Adobe à cesser le développement de cette plateforme au profit de technologies telles que JavaScript et HTML5. Si ces alternatives offrent des possibilités fonctionnelles comparables, leur mise en œuvre requiert des compétences techniques plus diversifiées et un développement généralement plus complexe. L'abandon progressif de Flash, amorcé dès le début des années 2010, a connu une accélération à partir de 2015, date à laquelle Adobe a explicitement encouragé les créateurs à se tourner vers des standards ouverts comme HTML5, WebGL ou WebAssembly.

[211] BADILLO, Patrick-Yves et TARRIER, Franck. *Mobilité et ubiquité dans le futur : vers le nomadisme*, Cahier N°1 de l'ANR, 2009, https://anr.fr/fr/ressources/cahiers-thematiques/mobilite-et-ubiquite-vers-le-nomadisme-numerique/ et https://archive-ouverte.unige.ch/unige:77730 (consulté le 23 juillet 2025)

ses usages « à la carte », choisissant le moment et le lieu de sa consommation, souvent en mobilité[212].

Cette évolution technologique constitue le moteur même du processus d'atomisation que ce chapitre explore. Les formes artistiques traditionnelles comme le concert, la performance ou l'installation reposent fondamentalement sur leur caractère d'événement, c'est-à-dire sur une contrainte spatio-temporelle : il faut être là, à ce moment-là, avec d'autres, pour que l'expérience ait lieu. Le smartphone, par sa nature même, démantèle systématiquement cette contrainte. Il détaille l'expérience d'un lieu physique partagé et d'un moment collectif synchrone. Le modèle de consommation « à la carte », individualisé et nomade, est l'antithèse directe de l'expérience incarnée et communautaire de l'art vivant. La montée en puissance du smartphone n'est donc pas un simple développement parallèle, mais bien l'un des principaux vecteurs culturels et technologiques qui créent les conditions de l'atomisation. C'est dans ce contexte, celui ou l'expérience du public face à une œuvre peut potentiellement être de plus en plus fragmentée et désincarnée, que j'amorce l'écriture de mon projet *Iquisme* réalisé entre 2010 et 2015.

4.2.3 La socialité de plate-forme et la définition critique de l'atomisation

La maturation du Web 2.0 en un écosystème dominé par les GAFA[213] et leurs modèles économiques basés sur la collecte de données et la publicité ciblée, complexifie la nature de l'expérience numérique. L'utopie d'une agora horizontale laisse place à une « socialisation des plateformes compartimentées en silo de groupes cibles », orchestrée par des algorithmes de recommandation et de curation opaque dont les règles sont des secrets industriels hautement concurrentiels. C'est dans ce contexte que la notion d'« atomisation » acquiert sa pertinence critique par la compartimentation de l'ensemble des clients en groupes et par un processus sociotechnique à double action. D'une part, l'atomisation est une logique de contenu. Dans le marketing numérique, elle désigne la pratique consistant à décomposer un contenu volumineux (un article, une vidéo) en de plus petits éléments (« atomes ») plus digestes et partageables (une citation, une infographie, un GIF) afin de maximiser leur diffusion et leur visibilité sur une multitude de canaux. Cette fragmentation décontextualise l'information et l'optimise pour une économie de l'attention. D'autre part, l'atomisation est une logique de structuration sociale. En sociologie du travail, le terme décrit la manière dont des plateformes comme Uber brisent les collectifs de travailleurs en une multitude d'individus mis en concurrence les uns avec les autres, rendant l'organisation et la mobilisation collective extrêmement difficiles. Ce modèle

[212] Les 15-24 ans : des pratiques médias intensives, individuelles et connectées - MEDIAMETRIE. Les 15-24 ans : des pratiques médias intensives, individuelles et connectées [en ligne]. Médiamétrie, 2025. Disponible à l'adresse : https://www.mediametrie.fr/fr/les-15-24-ans-des-pratiques-medias-intensives-individuelles-et-connectees (consulté le 23 juillet 2025).

[213] GAFA est l'acronyme qui fait référence aux quatre grandes entreprises technologiques américaines : Google, Apple, Facebook (maintenant Meta Platforms) et Amazon. Ces entreprises sont connues pour leurs positions dominantes dans divers secteurs de l'économie numérique, y compris les moteurs de recherche, les systèmes d'exploitation, les médias sociaux, le commerce électronique, le cloud computing, et plus encore. Leur influence s'étend à l'échelle mondiale, façonnant les modèles dont les gens accèdent à l'information, communiquent, achètent et consomment des médias.

de l'« ubérisation » repose sur une fiction d'indépendance qui masque une dépendance totale à la plateforme.

Les plateformes de réseaux sociaux opèrent cette double atomisation simultanément. Elles fragmentent les contenus en un flux continu de micro-informations décontextualisées, et elles fragmentent leur audience en lui servant des fils d'actualité personnalisés par des algorithmes. Chaque utilisateur est enfermé dans une bulle informationnelle qui renforce ses propres biais, empêchant la constitution d'une expérience commune et d'une véritable sphère publique de débat. Cette « gouvernementalité algorithmique » ne vise plus des sujets ou des masses, mais modélise, anticipe et affecte les comportements en ciblant directement les relations entre les individus. L'« atomisation de l'expérience numérique » n'est donc pas seulement le fait d'être seul face à son écran. C'est un processus fondamental où la structure même du média (contenu fragmenté) renforce et produit une réalité sociale fragmentée (utilisateurs individualisés et isolés).

Cette définition critique, qui articule la dimension technique du support et la dimension sociale de l'interaction, sera le fil conducteur de notre analyse des œuvres.

4.3 Cadres théoriques : penser la co-présence et l'interaction

Pour analyser la manière dont *Reflet* et *Iquisme* s'attaquaient à la problématique de l'atomisation, il est nécessaire de mobiliser un ensemble de cadres théoriques qui permettent de penser la valeur de l'interaction sociale avec la présence physique dans une expérience artistique. Les théories de l'esthétique relationnelle, enrichies par leurs critiques, ainsi que les concepts issus des études sur la performance et l'installation, fourniront les outils pour évaluer les stratégies de résistance et de persistance de ces formes artistiques à l'ère numérique.

4.3.1 L'esthétique relationnelle de Nicolas Bourriaud : L'art comme interstice social

Théorisée par le critique français Nicolas Bourriaud au milieu des années 1990, l'« esthétique relationnelle »[214] constitue le point de départ incontournable pour comprendre les pratiques artistiques qui, à la fin du XXe siècle, ont délaissé la production d'objets autonomes pour se concentrer sur le champ des interactions humaines. Pour Bourriaud, l'art relationnel regroupe un « ensemble de pratiques artistiques qui prennent comme point de départ théorique et pratique la totalité des relations humaines et leur contexte social ». L'œuvre d'art n'est plus à juger selon des critères formels traditionnels, mais en fonction des relations inter-humaines qu'elle « figure, produit ou suscite ». L'artiste devient un catalyseur, créant des dispositifs qui activent la créativité du public et transforment l'espace d'exposition en un lieu de dialogue, de rencontre et de convivialité.

[214] BOURRIAUD, Nicolas, *Esthétique relationnelle*, Paris, Les presses du réel, 1998.

Dans un monde contemporain marqué par la « progressive marchandisation des rapports humains », l'œuvre relationnelle a pour fonction de créer des « interstices ». Ces interstices sont des moments et des espaces soustraits aux logiques dominantes, où peuvent s'expérimenter des « modèles de socialité » alternatifs. Il est crucial de noter que cette théorie émerge précisément au moment de l'essor d'Internet et de la globalisation. Elle peut donc être interprétée comme une réponse directe aux effets perçus de dématérialisation et de désocialisation induits par les nouvelles technologies. L'accent mis sur la rencontre physique, ou la création d'un moment convivial s'oppose à la communication médiatisée et désincarnée.

En ce sens, l'esthétique relationnelle peut être lue comme une critique préemptive de l'atomisation numérique. Les principes qu'elle défend — la création de liens sociaux réels, l'importance du contexte partagé, la valorisation de la rencontre physique — sont diamétralement opposés à la logique de fragmentation et d'individualisation que nous avons décrite. La théorie de Bourriaud offre ainsi une boîte à outils conceptuelle pour concevoir des expériences qui résistent activement à l'atomisation. Le projet *Reflet*, avec son ambition de créer une « agora » et de susciter du lien social à travers une plateforme numérique, sera analysé comme une tentative de transposer ce programme relationnel dans l'espace même du réseau, en en testant les limites et les potentialités.

4.3.2 Au-delà du consensus : l'antagonisme relationnel selon Claire Bishop

La théorie de Bourriaud, malgré son influence, a fait de l'objet de critique, notamment de la part de l'historienne de l'art Claire Bishop[215]. Cette critique est essentielle pour affiner notre analyse et éviter une vision idéalisée de l'interaction. Bishop reproche à Bourriaud de privilégier une conception consensuelle et harmonieuse de la relation sociale. En se focalisant sur des œuvres qui génèrent de la « convivialité » et du « lien », le modèle de Bourriaud tend à exclure les pratiques artistiques qui abordent la relation en termes de conflit, de dissensus ou d'« antagonisme ».

Pour Bishop, une sphère sociale ou politique véritablement démocratique n'est pas un espace où les conflits sont abolis, mais un espace où ils peuvent s'exprimer et être négociés. Un art qui se contenterait de « créer du lien » sans affronter les divisions et les antagonismes qui traversent le corps social risquerait de n'être qu'une forme de divertissement social, une utopie superficielle déconnectée des réalités du pouvoir.[24] Elle propose donc de penser un « antagonisme relationnel », où l'œuvre ne vise pas à produire un consensus confortable mais à rendre visibles les tensions, les fractures et les rapports de force qui structurent la société.

Cette critique fournit une grille d'analyse beaucoup plus puissante et nuancée. Elle nous invite à ne pas nous contenter de constater qu'une œuvre est « participative » ou « interactive ». La question devient : quelle est la qualité de la relation produite ? Est-elle purement consensuelle

[215] BISHOP, Claire. « Antagonism and Relational Aesthetics », *October*, vol. 110, automne 2004, p. 51-79. Repris dans *CUNY Academic Works*, Graduate Center, City University of New York, 2004. https://academicworks.cuny.edu/gc_pubs/96/ (consulté le 23 juillet 2025).

ou permet-elle l'émergence d'un désaccord ? Cette perspective est particulièrement pertinente pour l'analyse de *Reflet*. Les mécanismes de gouvernance de l'œuvre — les options de modération, de censure, de gestion collective — étaient une problématique que nous imposions aux commanditaires de nos installations (festivals, mairies, curateurs). Ces questions n'étaient pas de simples fonctionnalités techniques, elles étaient le cœur du potentiel esthétique et politique de l'œuvre. C'est précisément là que l'antagonisme peut surgir : dans le désaccord sur les règles qui régissent l'espace d'une parole mise en commun. La théorie de Bishop nous permet de voir que la véritable portée critique de *Reflet* ne résidait peut-être pas dans sa capacité à rassembler, mais dans sa capacité, au moins potentielle, à organiser la modération du conflit.

4.3.3 L'exforme comme réponse indirecte à la critique de Bishop : tri, seuils et gouvernance

La critique formulée par Claire Bishop en 2004 met l'accent sur les tensions et les désaccords au sein des dispositifs relationnels. Le concept d'exform, proposé par Nicolas Bourriaud dans *L'Exforme*[216], apporte une lecture complémentaire et plus tardive de ces enjeux[217]. *L'exforme* désigne l'endroit où se décident les passages entre admission et rejet, entre centre et marge. Il fournit un vocabulaire simple pour décrire la sélection, les seuils d'entrée et les régimes de visibilité qui conditionnent l'accès des voix et des formes à l'espace public de l'art. À partir de 2018, ces questions réapparaissent dans des prises de position curatoriales et des débats professionnels, avec une attention portée aux filtres et aux protocoles d'exposition.

Appliquée a posteriori à *Reflet* (2004–2012), cette grille rend lisible une matière exformelle : contributions anonymes, textes et sons fragmentaires, propos contextualisés. Le dispositif fait apparaître ces éléments dans un flux collectif, puis les laisse s'estomper. Le public perçoit ainsi les passages entre visibilité et hors-champ. L'« agora numérique » s'appuie sur des seuils explicites : certains visiteurs franchissent le seuil de l'interaction pour contribuer, d'autres demeurent en bordure, enfin la contribution elle-même d'abord visible finit par disparaître après avoir été exposée, mise en circulation.

La gouvernance constitue l'axe décisif. Les institutions d'accueil (festival, mairie, curateur) prennent en charge la modération : sélection, filtrage, validation, archivage. Cette scène de décision fait partie intégrante de l'œuvre. Elle montre qui décide, selon quelles règles, et avec quels effets sur la vie des contributions. Dans ce cadre, *Reflet* s'apparente à un modèle exformel : un dispositif qui expose ses frontières d'admissibilité et rend visible l'instance de décision[218].

---

[216] BOURRIAUD, Nicolas. *L'exforme. Art, Idéologie et rejet,* Paris, PUF, coll. « Perspectives critiques », 2017, 141 p.

[217] Repères chronologiques : BISHOP, 2004 ; *Reflet*, 2004–2012 ; *L'Exforme* de BOURRIAUD, 2015 (éd. fr. 2017).

[218] Gouvernance de *Reflet* : la modération assumée par l'hôte (sélection, filtrage, validation, archivage) devient un élément de mise en forme ; l'acte de sélection et ses règles font partie de l'expérience.

Cette focale rejoint la critique de Bishop par un autre chemin. L'exform décrit la relation comme un espace traversé par des contraintes définies et la participation comme un processus contrôlé. Le débat ne se limite plus au fait de « créer du lien » ; il porte sur la qualité des seuils, la responsabilité éditoriale et la traçabilité des choix. *Reflet* avait déjà mis ces questions au travail plus de quinze ans avant la publication de *L'Exforme*, en posant la modération comme enjeu esthétique et politique au sein d'une œuvre contributive.

L'actualité des plateformes numériques confirme la pertinence de cette lecture. Dans ces environnements, la question centrale concerne souvent la décision éditoriale : qui fixe les seuils, selon quels critères, et avec quelles conséquences pour les voix minorées ou les contenus fragiles. *Reflet* proposait une mise en scène de ses décisions à l'échelle de l'œuvre, avec des règles visibles et des responsabilités identifiées.

En 2010, la question de la censure a été directement mise à l'épreuve à travers le projet d'une projection simultanée de *Reflet* de part et d'autre du mur de séparation entre Israël et la Cisjordanie. Une mission spécifique sur le terrain, réalisée dans le cadre du stage de master 2 d'un étudiant en relations internationales à l'Inalco, avait permis de solliciter des partenaires locaux en vue de l'organisation du dispositif. Celui-ci n'a toutefois pas pu être concrétisé, les collaborateurs exprimant des craintes persistantes concernant les possibilités de contrôle et de modération. La figure 25 présente une image issue du dossier de présentation du projet.

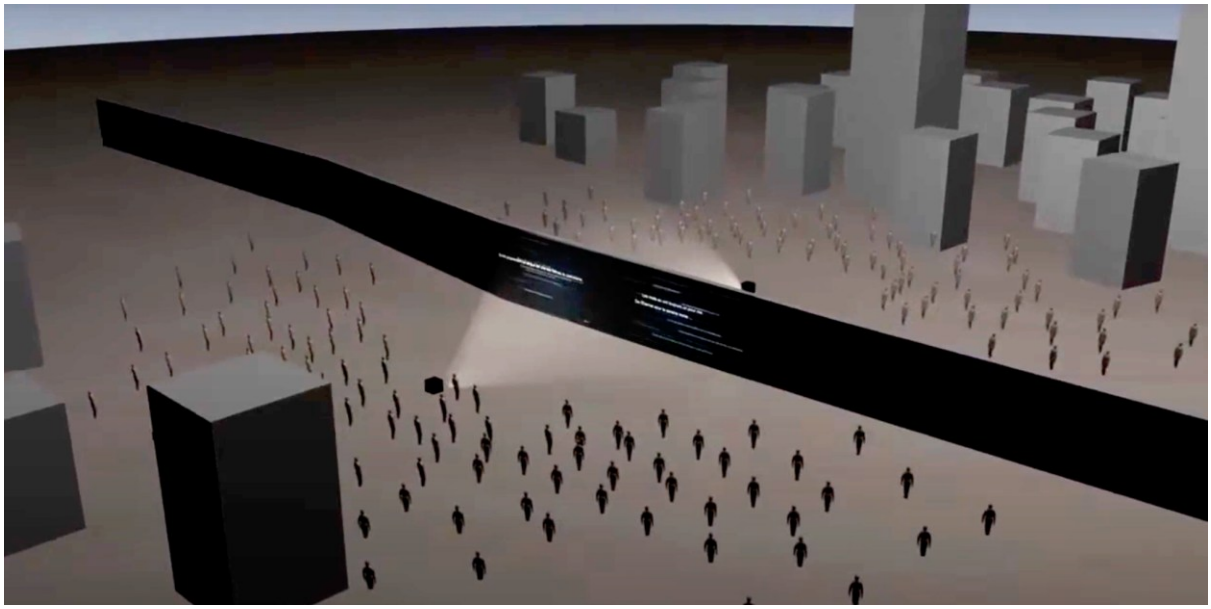


Figure 25 : *On a wall*, projet de projection double et interactive de Reflet sur le mur entre Israël et Palestine (2010). Source : Maxence Mercier

4.4 L'agora numérique à l'épreuve de la liberté

Conçu en 2006 par Thomas Fourmond et Maxence Mercier, *Reflet* est une œuvre archétypale de l'ère du Web 2.0. Elle ne se contente pas d'utiliser les outils de son temps ; elle en incarne les idéaux, en teste les promesses, et en expose les tensions latentes. En se positionnant à la

croisée de l'art en réseau et de l'esthétique relationnelle, *Reflet* propose une exploration ambitieuse de la liberté d'expression dans un espace public numérique naissant, transformant la question de la gouvernance de cet espace en son principal matériau esthétique et politique.

4.4.1 Un dispositif contributif à la croisée du web 2.0 et de l'esthétique relationnelle

La structure même de *Reflet* est une matérialisation directe des principes qui animent à la fois l'utopie technologique du Web 2.0 et l'utopie sociale de l'esthétique relationnelle. Le projet se définit comme une « œuvre d'art collective et en réseau que le public alimente par des contributions écrites et vocales ». L'intention première est de placer chaque individu devant une « potentialité d'action individuelle agissant dans la réalisation d'une œuvre collective ». Ce principe de contribution individuelle à une œuvre commune est le miroir exact de la philosophie du Web 2.0, où les utilisateurs, par leurs actions (écrire un article de blog, commenter une photo), sont considérés comme les « co-développeurs » d'une intelligence collective.

De même, l'ambition de *Reflet* de « créer une métaphore de la vie sociale » et de s'ouvrir à l'altérité correspond point par point à la définition de l'art relationnel de Bourriaud, qui voit dans l'art un moyen de produire des « modèles de socialité » et d'explorer la sphère des rapports inter-humains. L'œuvre se veut une « agora », un espace de parole public et libre. Pour garantir une accessibilité maximale, en accord avec l'idéal démocratique affiché, le dispositif est multicanal : on peut contribuer depuis un ordinateur via le site web, par SMS avec un téléphone portable, ou sur place via des bornes lors d'une installation-projection. Cette architecture technique vise à construire un nouvel espace public qui tire parti des potentialités du réseau pour « avoir partie prenante sur la vie de la cité ». En cela, *Reflet* est une parfaite synthèse des aspirations de son époque : une œuvre qui croit au potentiel émancipateur de la technologie pour réinventer le lien social.

4.4.2 La gouvernance comme matériau esthétique : liberté, contrôle et antagonisme

Le geste artistique le plus radical de *Reflet* ne réside cependant pas dans son caractère participatif, mais dans sa décision de thématiser et de déléguer la question du contrôle. Confrontés aux dérives observées lors des premières expérimentations publiques, les artistes ont choisi de ne pas imposer une vision neutre de la liberté d'expression, mais de transformer la gouvernance de l'espace en un ensemble de choix esthétiques et politiques offerts aux utilisateurs.

Chaque problématique qui mettait à mal la neutralité de l'œuvre est devenue une option dans le panneau d'administration des « Reflets Locaux », ces instances décentralisées de l'œuvre que des associations, des villes ou des écoles peuvent s'approprier. Les gestionnaires de ces Reflets locaux doivent ainsi prendre des décisions fondamentales : « Censurer, modérer, surveiller ou encore limiter le nombre de caractères ou la durée des contributions, être transparent

dans sa gestion ou complètement opaque ». Ces choix ne sont pas de simples réglages techniques ; ils constituent un « pouvoir de détermination, d'influence et donc de contrôle ».

Ce faisant, l'œuvre déplace son centre de gravité. Le véritable matériau de *Reflet* n'est plus tant la collection des contributions textuelles et sonores que l'expérience sociale et politique de la gestion d'un espace public. Le dispositif va même plus loin en proposant une option de « gestion collective », où les participants peuvent voter sur les règles de modération, suggérer des thèmes, voire destituer les gestionnaires initiaux. Cette structure transforme l'œuvre en une machine à générer de l'expérience politique. Elle oblige ses participants à se confronter à des questions complexes : Qu'est-ce qu'une parole acceptable ? Qui a la légitimité de décider ? Selon quel processus ? En intégrant la possibilité du désaccord sur les règles du jeu, *Reflet* s'aligne parfaitement sur la critique de Claire Bishop et sa proposition d'un « antagonisme relationnel » L'œuvre n'est pas seulement un espace « convivial » de partage ; elle est conçue pour être un espace potentiellement conflictuel, où le dissensus est une issue possible et intégrée à son design. La véritable œuvre n'est pas ce qui est dit, mais ce que l'on fait de ce qui est dit.

4.4.3 L'espace public hybride et l'effondrement du contexte

En agrégeant dans un flux unique des contributions issues de contextes d'énonciation radicalement différents, *Reflet* met en scène et anticipe ce qui deviendra l'une des caractéristiques majeures et des problématiques les plus aigües de la socialité plateformisée : l'effondrement du contexte (context collapse). Les auteurs de *Reflet* revendiquent d'ailleurs cette intention de produire des « "court-circuits" en bousculant le ton prévisible des contributions envoyées depuis chacun » des dispositifs.

Le projet déploie en effet plusieurs types de dispositifs, chacun induisant une relation différente à l'acte d'expression. L'interface web, accessible depuis le domicile, favorise une relation « intime, personnelle et anonyme ». L'installation in situ, projetée sur un monument public, inscrit la parole dans un espace chargé de valeurs symboliques, sociales et historiques. L'installation immersive dans un espace clos propose une expérience à la fois intime et commune, confrontant l'individu à sa « timidité sociale ». Un message anodin, tapé dans la solitude de sa chambre, acquiert un poids et une signification radicalement différents lorsqu'il est projeté en lettres géantes sur la façade d'une mairie et lu par des centaines de passants.

Cette architecture, qui fusionne des canaux de communication aux codes sociaux distincts en un seul et même espace de diffusion, est précisément celle des fils d'actualité des réseaux sociaux qui domineront la décennie suivante. Un fil Facebook ou Twitter mélange de la même manière des nouvelles personnelles, des déclarations publiques, des contenus commerciaux et des informations politiques dans un flux unique et décontextualisé. Le « court-circuit », que les artistes de *Reflet* cherchaient à provoquer en 2006, est devenu la réalité quotidienne et souvent problématique de notre vie numérique, où une blague privée peut se transformer en scandale

public. En cela, *Reflet* n'est pas seulement un produit de son temps, mais un modèle prémonitoire de l'architecture communicationnelle à venir. Il révèle avec une acuité remarquable comment le rêve d'un espace public numérique unifié portait en germe le cauchemar de l'effondrement des contextes et de ses conséquences sociales.

4.5 *Iquisme* (2015) : L'orchestration intermédiatique face à la saturation

Près de dix ans après *Reflet*, l'œuvre *Iquisme* de Maxence Mercier propose une réponse artistique à un paysage numérique profondément transformé. Nous ne sommes plus à l'ère de l'utopie participative, mais à celle de la saturation informationnelle, de la socialité algorithmique et de l'expérience nomade sur smartphone. Face à cette nouvelle donne, *Iquisme* opère un changement de stratégie radical : il ne s'agit plus de construire une plateforme pour l'interaction sociale, mais de créer une simulation allégorique et immersive des logiques qui régissent désormais cette interaction. L'œuvre abandonne le mode participatif pour le mode représentatif, et résiste à l'atomisation non pas en la fuyant, mais en la plaçant au cœur d'un rituel scénique qui réaffirme la primauté de l'expérience incarnée.

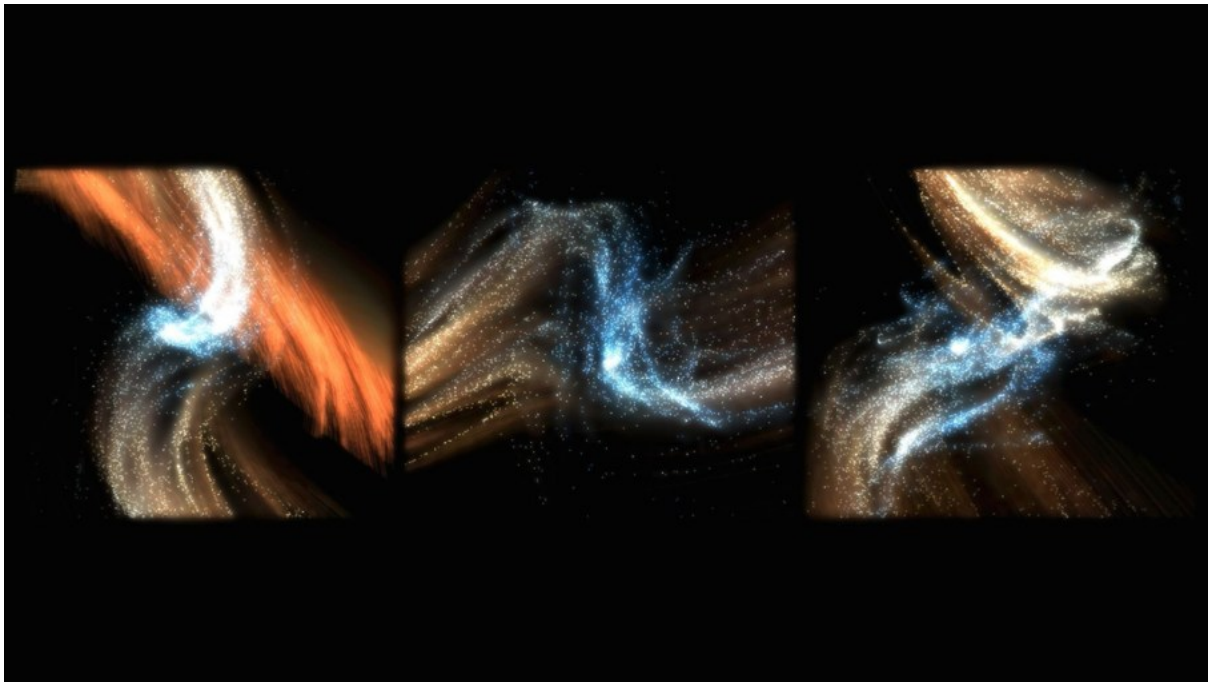


Figure 26 : Point de vue multiple d'un même objet sous forme de particules dans la vidéo générative d'*Iquisme.* Source : Mercier (2015)

4.5.1 Un opéra-vidéo à l'ère de la saturation : L'immersion comme sujet critique

Iquisme se présente comme un « opéra-vidéo », une forme hybride qui témoigne d'emblée de sa complexité. Sur scène, un dispositif dense mêle une soprano, un ensemble de neuf instruments de musique contemporaine, un système de traitement électroacoustique en temps réel et

une projection vidéo 3D générative (figure 26). L'intention n'est pas de proposer une expérience claire et distincte, mais de plonger le spectateur au cœur de la complexité du monde contemporain. L'œuvre vise explicitement à confronter l'auditeur à la « saturation d'une immersion esthétique » face à des « flots d'informations en évolution constante ».

Cette esthétique de la saturation est le reflet direct de l'environnement médiatique de 2015. La musique est en « constante mutation », passant de « fines poussières en suspension à d'imposants agrégats de matière ». La vidéo, synchronisée en temps réel, dépeint l'évolution de nuages de particules qui « s'organisent et se désorganisent continuellement » Le livret lui-même est fragmenté, confié à une seule chanteuse qui interprète trois rôles distincts, conférant à sa performance un caractère « quasi schizophrénique ». La structure narrative en trois mouvements retrace un cycle de formation, de conflit, d'effondrement et de réorganisation précaire. L'ensemble crée une expérience sensorielle totale et écrasante, qui n'est pas seulement un spectacle sur la complexité, mais une mise en acte de cette complexité. L'immersion n'est plus seulement un outil, elle devient le sujet même de la critique.

4.5.2 La dialectique du « numérique » et de l'« analogique » : une allégorie de l'atomisation

Le cœur dramaturgique d'*Iquisme* réside dans le conflit allégorique entre deux personnages, « Le Numérique » et « L'Analogique », dont les noms et les caractéristiques sont inspirés des travaux de Paul Watzlawick[219] et de l'école de Palo Alto. Ces deux figures ne sont pas de simples personnages psychologiques ; elles sont la personnification de deux logiques communicationnelles, de deux rapports au monde qui sont au fondement de la tension entre l'expérience atomisée et l'expérience relationnelle.

● « Le Numérique » symbolise l'individu, la logique de la distinction et de l'identité auto-affirmée. Il « ne perçoit l'environnement que pour s'y situer lui-même ». Son discours est « monocorde », « univoque » et « arbitraire », car il n'a « conscience que de ce qui l'affirme » sans la médiation de l'autre. Il incarne parfaitement le sujet atomisé de la société des plateformes : isolé, auto-référentiel, communiquant sur un mode binaire (oui/non, like/no like) et incapable de saisir la complexité du contexte.

● « L'Analogique », à l'inverse, incarne le collectif, la relation, la logique du contexte. Il « se définit par ce qui l'entoure, ne se constitue qu'avec autrui ». Conscient de la « globalité et de l'altérité », son langage est « métaphorique » et « complexe ». Il représente la pensée relationnelle, qui comprend que le sens émerge de la connexion et non de l'isolement.

La narration de l'opéra suit l'affrontement de ces deux principes, leur incapacité à établir un « code commun », leur lutte pour la domination jusqu'à l'inaudible, et l'effondrement final dans l'« anarchie » avant qu'un nouvel équilibre, fondé sur l'incertitude, ne s'installe.

---

[219] WATZLAWICK, Paul. *An Anthology of Human Communication*. Palo Alto, Calif: Science and Behavior Books, 1964 p. 63

4.6 Transduction de l'interaction

Ce passage d'un mode artistique participatif (*Reflet*) à un mode allégorique (*Iquisme*) est significatif. En 2006, il était encore possible de concevoir une œuvre qui crée un système pour que les gens interagissent, une œuvre qui fait de la socialité. En 2015, la condition numérique n'est plus une nouvelle frontière à explorer, mais une logique dominante, un environnement totalisant. Mes stratégies artistiques se déplacent alors vers la représentation et la critique : il s'agit de mettre en scène l'échec d'un équilibre autonome en créant une allégorie des forces qui gouvernent les sentiments de cohésion.

4.6.1 La résistance du rituel : la scène comme ancre et moteur du dispositif virtuel

Face à cette allégorie de l'atomisation, la stratégie de résistance d'*Iquisme* consiste en une articulation dialectique entre la forme la plus traditionnelle et la plus incarnée de l'expérience collective : le rituel du concert. L'œuvre maintient sur scène la présence physique et irremplaçable des neuf musiciens et de la soprano. Cette configuration classique est placée au cœur du processus numérique, en devenant son moteur.

Le schéma des relations intermédiatiques de l'œuvre est à cet égard explicite. La performance live n'est pas un événement séparé du dispositif numérique, elle en est la source de données primordiale. Les signaux audio des instruments sont captés et analysés en temps réel (via des logiciels comme Antescofo de l'Ircam). L'intensité sonore influence la vélocité des particules vidéo ; la position de ces particules dans l'espace 3D influence en retour la spatialisation des traitements sonores. Les gestes physiques des musiciens sont « prolongés dans la salle » par le dispositif électroacoustique. Le souffle de la flûtiste, le frottement de l'archet sur le violoncelle, l'énergie du percussionniste deviennent littéralement le carburant qui anime la simulation numérique du chaos social.

Cette fusion est une forme de résistance par l'intégration. *Iquisme* ne se replie pas sur un passé pré-numérique, mais capture la logique digitale et la force à dialoguer avec le corps vivant. L'œuvre affirme la valeur irremplaçable de la performance humaine, unique et incarnée. En même temps, elle numérise cette performance, la transformant en flux d'information. C'est dans cette tension que réside sa portée critique. L'œuvre suggère que même dans un monde de flux, de particules et d'algorithmes, l'origine de l'énergie, du sens et de l'affect demeure le corps humain présent, respirant et agissant. C'est une réaffirmation puissante de la valeur de la co-présence et du liveness comme fondement de l'expérience, un contre-discours à la désincarnation croissante promue par le capitalisme de plateforme.

4.6.2 Synthèse et perspectives : ce qu'il reste de l'expérience collective

L'analyse comparée de *Reflet* et *Iquisme* permet de tracer une trajectoire claire de la mutation des pratiques artistiques face à la numérisation de l'expérience entre 2006 et 2015. Cette trajectoire révèle un passage de l'utopie participative à la critique immersive, où les stratégies de

résistance à l'atomisation se reconfigurent en profondeur. En synthétisant ces évolutions, il devient possible de dégager les principes de la persistance des formes incarnées, et d'esquisser les perspectives pour la création à l'ère post 2020, marquée par l'intelligence artificielle générative et les métavers.

4.6.3 Trajectoire d'une Mutation (2006-2015) : De l'utopie participative à la critique immersive

La décennie qui sépare *Reflet* d'*Iquisme* est celle d'un basculement culturel majeur. Le premier, né de l'optimisme du Web 2.0, conçoit Internet comme un outil à conquérir pour bâtir de nouveaux espaces publics démocratiques. Le second, fruit d'une ère de saturation et de plateformisation, perçoit le numérique comme un environnement totalisant dont il faut critiquer les logiques de l'intérieur. Cette évolution se traduit par un passage d'un modèle artistique tourné vers l'extérieur, qui cherche à agir sur la société en lui offrant une plateforme (*Reflet*), à un modèle introverti, qui construit un modèle allégorique de la société pour la donner à voir et à penser (*Iquisme*).

Le tableau 4 synthétise les oppositions structurelles entre les deux œuvres, illustrant cette trajectoire :

Axe d'Analyse	***Reflet* (2006)**	***Iquisme* (2015)**
Concept Principal	Création d'une agora numérique, métaphore de la vie sociale par la contribution collective	Représentation de la dialectique entre organisation et désagrégation, individu et collectif
Médium/Forme	Œuvre d'art en réseau, contributive, multi-dispositifs (web, SMS, installation)	Opéra-vidéo, spectacle vivant intermédiatique (musique, vidéo, texte)
Technologie Clé	Plateforme web (Spip, Red5), langages de script (Flash, Puredata)	Dispositif génératif et interactif en temps réel (Max/MSP, Jitter, Antescofo).
Rôle du Public	Acteur, contributeur, co-créateur, gestionnaire potentiel. Le public fait l'œuvre	Auditeur, spectateur, témoin. Le public est immergé dans l'œuvre.
Modalité de Relation	Relation horizontale et asynchrone entre participants, médiatisée par la plateforme	Relation verticale et synchrone entre la scène (performeurs) et la salle (public)
Gestion de l'Espace	Construction d'un espace public numérique décentralisé et gouvernable	Occupation d'un espace scénique traditionnel (salle de concert) saturé de flux médiatiques.
Rapport à l'Atomisation	Tente de contrer l'atomisation en créant du lien social via le réseau (stratégie utopique)	Met en scène et critique l'atomisation à travers une allégorie (le « Numérique » vs « l'Analogique ») (stratégie critique)

Tableau 4 : Tableau comparatif de représentation et projection multimodal entre Reflet et Iquisme. Source : Maxence Mercier (2025)

Ce tableau met en évidence un changement fondamental de posture. *Reflet* est une œuvre de l'action : elle propose un outil et une méthode pour faire société autrement. *Iquisme* est une œuvre de la contemplation critique : elle propose une représentation complexe pour penser la société telle qu'elle est devenue. Cette évolution reflète la prise de conscience que le numérique n'est plus seulement un outil que l'on peut modeler, mais un environnement qui nous modèle en retour.

4.6.4 La résistance par l'hybridation et la persistance du rituel

Malgré la montée en puissance de la culture numérique, les formes artistiques basées sur l'expérience incarnée et la co-présence n'ont pas disparu. Leur persistance ne s'explique pas par une simple inertie ou une posture technophobe, mais par une stratégie d'hybridation. Les artistes les plus pertinents n'ont pas rejeté les outils numériques, mais les ont intégrés pour augmenter, critiquer ou réexaminer l'expérience live, créant ainsi de nouvelles formes de présence consciente des forces qu'elles affrontent.

Iquisme est l'exemple le plus abouti de cette stratégie : le rituel du concert, loin d'être anachronique, est à la fois préservé dans sa dimension sacrée et instrumentalisé comme le cœur fonctionnel du système numérique. De même, le spectacle vivant contemporain intègre massivement la vidéo, la réalité augmentée ou les dispositifs interactifs, non pas pour remplacer les acteurs, mais pour créer des expériences immersives et multisensorielles qui enrichissent la relation avec le public présent. Le corps de l'artiste ou du spectateur restent l'épicentre de l'expérience, même lorsqu'il est augmenté ou médiatisé.

Cette stratégie d'hybridation propose une relecture contemporaine de la notion d'« aura » de Walter Benjamin. À une époque où la reproduction numérique infinie semble avoir définitivement évacué l'aura de l'œuvre d'art unique, des projets comme *Iquisme* opèrent un retournement paradoxal. En faisant de la performance live — unique et incarnée — la condition de possibilité nécessaire au déclenchement et au fonctionnement de la partie numérique de l'œuvre, ils réinscrivent l'aura au cœur même du dispositif de reproduction. Le liveness et la co-présence du rituel ne sont plus des résidus nostalgiques d'un monde révolu, mais deviennent la source indispensable qui alimente la machine numérique. Cette résistance par l'intégration est une affirmation puissante : l'éphémère et l'incarné sont rendus structurellement essentiels au fonctionnement du permanent et du désincarné.

4.6.5 Au-delà de 2020 : perspectives post-internet, IA générative et métavers

Les tensions et les stratégies identifiées dans l'analyse de *Reflet* et *Iquisme* trouvent un prolongement direct dans le paysage artistique et technologique post-2020. Trois domaines en particulier héritent de ces questionnements et les reconfigurent : l'art post-internet, la performance avec IA générative, et les débats autour des métavers.

L'art Post-Internet se définit précisément comme un art qui n'est pas fait sur Internet, mais qui est conscient de vivre dans un monde façonné par Internet. Une tendance forte de ce mouvement est la « dévirtualisation » ou la « rematérialisation » : des artistes transposent des esthétiques, des logiques ou des objets numériques dans le monde physique (sculptures, installations, peintures), témoignant d'une forme de nostalgie ou d'un besoin critique de l'expérience incarnée après des décennies de vie à l'écran[220]. Cette démarche prolonge la quête d'un ancrage physique déjà présent dans *Iquisme*.

Les performances live avec IA générative, qui se développent depuis 2022, sont incroyablement plus puissantes que les dispositifs interactifs en temps réel explorés par *Iquisme*. Des artistes utilisent désormais des modèles d'apprentissage profond pour générer des visuels ou des sons en direct, en réponse aux mouvements d'un danseur, à la voix d'un chanteur ou aux données biométriques du public. Ces projets poursuivent l'hybridation du corps performant et

[220] KITAY, Kat. « What's after Post-Internet Art ? », 2024, https://spikeartmagazine.com/articles/essay-whats-after-post-internet-art (consulté le 27 juillet 2025)

de la machine calculante, posant de nouvelles questions sur la co-créativité entre l'humain et l'algorithme[221].

Enfin, les métavers commerciaux, tels qu'envisagés par des entreprises comme Meta, représentent l'industrialisation à grande échelle des problématiques soulevées par nos études de cas. Ils promettent une socialité renouvelée et une co-présence incarnée à travers des avatars dans des mondes virtuels persistants[222]. Cependant, cette vision est largement top-down[223], conçue par des entreprises dont le modèle économique repose sur la captation de données et le contrôle des interactions[224]. Le métavers commercial risque ainsi de n'être qu'une simulation de la co-présence, une nouvelle forme d'espace public gouverné par des logiques privées, où l'incarnation elle-même devient un produit. En réaction, des pratiques artistiques critiques émergent au sein même de ces plateformes, utilisant leurs outils (comme les filtres en réalité augmentée) pour en subvertir les codes et en questionner l'infrastructure[225].

En conclusion, le conflit fondamental exploré par *Reflet* et *Iquisme* — entre la liberté et le contrôle, l'individu et le collectif, l'incarné et le virtuel — demeure plus pertinent que jamais. Il n'est pas résolu ; il a été industrialisé et a changé d'échelle. L'agora participative de *Reflet* est devenue le réseau social algorithmique ; la dialectique du Numérique et de l'Analogique d'*Iquisme* est devenue le modèle économique du métavers. La persistance des formes artistiques basées sur le rituel, la performance et l'installation, témoigne d'un besoin humain irréductible d'expérience partagée, incarnée et présente. Leur résistance, aujourd'hui comme hier, ne réside pas dans la fuite, mais dans la confrontation critique, l'hybridation stratégique et la réaffirmation constante que, même à l'ère des machines intelligentes, l'essentiel se joue dans la relation inter-humaine.

---

[221] https://montreal.mutek.org/en/news/generative-art-a-new-vector-of-creation (consulté le 27 juillet 2025)

[222] BOZZI, Nicola. « Meta's Artistic Turn: AR Face Filters, Platform Art, and the Actually Existing Metaverse », *Information, Communication & Society*, vol. 28, no 5, 2024, p. 832-851. https://doi.org/10.1080/1369118X.2024.2427116

[223] Ici, top-down veut dire descendant, dans le sens d'une conception ou d'une organisation imposée d'en haut, par une autorité ou une structure centralisée, plutôt que co-construite par les usagers.

[224] WARMAN, Peter. The commercial reality of the metaverse [en ligne]. Osborne Clarke / Metaverse Report, s.d. Disponible à l'adresse : https://explore.osborneclarke.com/metaverse-report/commercial-reality-of-the-metaverse.html (consulté le 27 juillet 2025).

[225] *Ibid.*

Chapitre 5 *Iquisme* comme modèle épistémologique de création intermédiatique

5.1 Introduction

L'œuvre *Iquisme*, que j'ai initiée en 2010 et développée sur une période de cinq ans, constitue bien plus qu'une simple composition dans mon parcours artistique ; elle en est la matrice fondamentale. Conçue comme un opéra multimédia, elle s'est imposée comme un jalon structurant, un cadre de travail dont les principes esthétiques, techniques et méthodologiques irriguent l'ensemble de mes réalisations ultérieures. Bien que sa forme scénique finale demeure une « virtualité active », les recherches que j'ai menées pour sa conception m'ont permis de forger un véritable modèle épistémologique pour ma pratique de la composition intermédiatique[226]. Dans ce chapitre, je me propose de démontrer en quoi *Iquisme* fonctionne comme un paradigme fondateur, en articulant quatre dimensions interdépendantes qui constituent le socle de ma démarche : la confrontation à la matérialité numérique et à sa conservation ; le développement d'un atelier d'écriture numérique intégré ; la formalisation d'une dramaturgie dialectique ; et l'expérimentation d'une écriture augmentée par l'analyse computationnelle.

5.2 La problématique de la matière numérique : de la création à la conservation

Le processus de création d'*Iquisme,* s'étalant sur près de cinq ans, m'a intrinsèquement lié à une confrontation directe avec la nature instable et éphémère de la matière numérique. Cette période a été marquée par un bouleversement constant de l'environnement informatique, me confrontant à des impasses techniques récurrentes : abandon de logiciels propriétaires, mises à jour altérant les codes sources, et obsolescence rapide des outils. Cette expérience a transformé la création en un acte indissociable d'une réflexion sur sa propre archéologie, m'obligeant à développer empiriquement des compétences d'« archiviste et de logisticien » pour simplement mener le projet à terme.

Cette fragilité n'est pas anecdotique ; elle est constitutive de la création numérique contemporaine. Des compositeurs institutionnellement reconnus font face aux mêmes défis. Philippe Manoury, par exemple, ne peut plus faire jouer des œuvres relativement récentes comme *Tensio* (2010) pour des questions de licence logicielle. De même, Jean-Claude Risset a dû maintenir

[226] MERCIER Maxence, RAZIK Joseph et GLOTIN Hervé. « Synthèse d'interactions multimodales parcimonieuses pour l'écriture de l'œuvre *Iquisme* et l'analyse de ses percepts », *Journées d'Informatique Musicale*, Montréal (Canada), mai 2015. ⟨hal-03104605⟩.

pendant près de vingt ans une version obsolète de l'environnement Max pour garantir le fonctionnement de ses *Huit esquisses en duo* (1989), illustrant la précarité des dispositifs numériques, même dans un contexte institutionnel favorable.

Face à ce constat, la méthodologie que j'ai développée pour *Iquisme* est devenue la première pierre de mon modèle épistémologique. Elle repose sur une approche que je qualifie de « néguentropique », visant à lutter contre la perte d'information et la dégradation de l'œuvre. Cette approche se décline en plusieurs stratégies :

Une maintenance active et documentée : l'architecture logicielle a fait l'objet d'adaptations constantes pour rester fonctionnelle, influençant directement mes méthodes de gestion de corpus numériques.

Des méthodes de conservation hybrides : j'ai eu recours à l'émulation des environnements d'origine et à la fixation des éléments les plus complexes (comme les sons électroacoustiques) sous des formats standards et portables.

Une architecture logicielle modulaire : la conception des patchs Max en une architecture pseudo client/serveur (interface d'un côté, processus audio de l'autre) garantit une meilleure robustesse et une optimisation des ressources.

L'acceptation de l'interprétation future : conscient de l'impossibilité d'une reproduction parfaitement authentique, je considère qu'une version de référence, accompagnée d'une documentation suffisante, constitue un guide pour une réinterprétation future par un réalisateur en informatique musicale. Cette démarche concède qu'un traitement puisse être une « interprétation s'approchant du modèle d'origine », en accord avec son temps et ses outils.

Ainsi, la première strate de mon modèle épistémologique, forgée par *Iquisme*, est une approche pragmatique de la création qui intègre la conservation non comme une étape ultérieure, mais comme une composante active et continue du processus compositionnel.

5.3 L'atelier numérique : un framework pour la composition intermédiatique

La complexité d'*Iquisme* exigeait que je dépasse l'utilisation parallèle d'outils spécialisés pour construire un véritable framework intégré, un atelier d'écriture numérique me permettant de « composer d'un seul geste, l'écriture de la musique, la génération des visuels et leurs interactions mutuelles ». La conception de cet environnement, qui a occupé la majeure partie des quatre premières années du projet, constitue le cœur technique de mon modèle. Il repose sur la synergie de plusieurs environnements de programmation, dont la logique structurelle a profondément influencé ma pensée compositionnelle.

L'écriture symbolique en temps différé avec OpenMusic[227] : inspiré par la complexité formelle de compositeurs comme Romitelli ou Ligeti, mon usage d'OpenMusic[228] s'est focalisé sur la modélisation de processus génératifs complexes. L'utilisation de schémas matriciels et de boucles imbriquées (Omloop) m'a initié à une « pensée multidimensionnelle » qui s'est avérée conceptuellement proche des logiques de manipulation de données dans Jitter. Cette approche s'inscrit dans une vision cybernétique où mon rôle d'artiste est de « créer la création ».

La performance et l'interaction en temps réel avec Max/MSP/Jitter : Max constitue le pivot de l'atelier, assurant la gestion des interactions en temps réel, les traitements audio et la génération vidéo. La publication de la suite d'objets Gen en 2012 a été un tournant décisif, me permettant de créer mes propres objets de traitement optimisés sans recourir à des langages de plus bas niveau. La complémentarité entre OpenMusic (pour la structuration en amont) et Max (pour l'immédiateté de la scène) est devenue un principe central de mon workflow.

Une architecture optimisée pour la performance : pour pallier les limitations de Max dans la gestion du calcul multiprocesseur, j'ai développé un écosystème de plusieurs applications autonomes (standalones) dédiées chacune à une tâche spécifique (audio, vidéo, contrôle) et communiquant entre elles. Cette distribution des processus garantit une latence minimale et une exploitation efficace des ressources matérielles.

Ce framework, que j'ai finalisé en 2014, n'est pas seulement l'outil de production d'*Iquisme* ; il en est le premier résultat tangible. Sa structure a préfiguré celle du *Synesthésium*[229] (2015) et a été partiellement intégrée dans le logiciel Sound Trajectory. Il constitue ainsi un capital technique et conceptuel réutilisable, un véritable atelier logiciel qui forme la deuxième strate de mon modèle épistémologique.

5.4 Dramaturgie et esthétique : la dialectique de l'analogique et du numérique

Au-delà de ses innovations techniques, *Iquisme* m'a permis de formaliser une vision esthétique et une structure dramaturgique qui sont devenues récurrentes dans mon travail. Le projet met en scène la « coexistence contradictoire d'une recherche d'organisation et d'une force de désagrégation », une tension qui se déploie à travers tous les paramètres de l'œuvre. Cette dialectique est incarnée par les personnages et les principes qui structurent le livret, inspirés des travaux de Paul Watzlawick et de l'école de Palo Alto.

Le « Numérique » : ce personnage symbolise l'individuel, l'identité auto-affirmée et la logique de la distinction. Son discours est « monocorde » et « univoque », car il n'a « conscience que

[227] OPENMUSIC, https://openmusic-project.github.io/ (consulté le 22 aout 2025)

[228] AGON, Carlos. (1998). *OpenMusic : Un langage visuel pour la composition musicale assistée par ordinateur*, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), Paris, France.

[229] LORET, Eric. « Le Synesthésium », *Art Press,* Novembre 2015

de ce qui l'affirme » sans la médiation de l'autre. Il représente une communication arbitraire et décontextualisée.

L'« Analogique » : à l'inverse, il incarne le collectif, la relation et la logique du contexte. Il « se définit par ce qui l'entoure » et son langage est « métaphorique » et « complexe ». Il représente une pensée holistique, consciente de l'altérité.

Cette opposition n'est pas seulement un ressort narratif ; elle est le principe organisateur de l'ensemble de l'œuvre intermédiatique pour la musique et la vidéo générative. Cette dramaturgie dialectique, où les concepts de relation, d'identité, de contexte et d'altérité sont formalisés et mis en tension, constitue la troisième strate de mon modèle. Elle me fournit une grille de lecture conceptuelle qui me permet d'articuler de manière cohérente les dimensions sonore, visuelle et sémantique de mes projets.

5.5 La synthèse d'interactions multimodales : vers une écriture augmentée

Le dernier pilier de ce modèle épistémologique est l'intégration d'une démarche de recherche scientifique au cœur de mon processus de création. En collaboration avec le chercheur Hervé Glotin, j'ai développé une méthode de « synthèse d'interactions multimodales parcimonieuses » pour analyser et faire proliférer la matière compositionnelle d'*Iquisme*. Cette approche visait à théoriser le développement de l'œuvre en lui procurant la capacité de s'autogénérer de manière cohérente.

La méthodologie, que nous avons publiée aux Journées d'Informatique Musicale (JIM 2015), repose sur les principes suivants :

Constitution d'un corpus hétérogène : Les données issues du premier mouvement (sons, vidéos, matrices de particules 3D, paramètres de contrôle) sont agrégées pour former un corpus multimodal.

Apprentissage non supervisé par Sparse Coding : Une méthode d'apprentissage automatique (machine learning) est appliquée au corpus. Cet algorithme identifie, sans supervision, les éléments remarquables et les motifs récurrents dans les flux de données complexes.

Création d'un dictionnaire d'interactions : Le résultat de l'analyse est un « lexique d'interactions élémentaires », une sorte de dictionnaire qui code les relations fondamentales entre les événements sonores, visuels et paramétriques de l'œuvre.

Réinjection et prolifération générative : Ce lexique peut ensuite être utilisé pour recombiner les paramètres et composer de nouvelles séquences, que ce soit pour la suite de la version de concert, ou pour structurer une partition interactive pour la version installation. Cette boucle de rétroaction permet d'explorer le champ des possibles, tout en respectant la cohérence esthétique du matériau d'origine.

Cette démarche formalise une méthode d'écriture augmentée, où l'analyse computationnelle devient un outil de sérendipité contrôlée, capable de dépasser les limites perceptives et stylistiques de l'écriture purement intuitive. Cette collaboration art-science, que j'ai poursuivie par la suite dans des projets en bioacoustique, ancre ma pratique dans une recherche méthodologique rigoureuse et constitue la strate la plus avancée du paradigme *Iquisme*.

5.6 *Iquisme* comme paradigme analytique

Iquisme est devenu un modèle d'épistémologie qui a structuré en profondeur mon parcours. Ce paradigme s'articule autour d'une méthodologie de création-conservation adaptée à la précarité du numérique, d'un framework technique modulaire et réutilisable, d'une vision esthétique fondée sur la dialectique de l'individuel et du collectif, et d'une approche de composition augmentée par l'intelligence artificielle. Chaque projet que j'ai développé depuis, du *Synesthésium* au logiciel Sound Trajectory, est un héritier direct des principes, des outils et des questionnements que j'ai formalisés au cours de cette période de recherche fondatrice. *Iquisme* est ainsi la source à partir de laquelle mes méthodes compositionnelles se sont affirmées et continuent d'alimenter l'espace réflexif de mes créations.

5.7 Prémices d'une œuvre distribuée sous forme de triptyque opératique

Iquisme, dont la réalisation s'est terminée en 2015, constitue une forme inaugurale du triptyque opératique fondée sur une logique d'orchestration d'interactions, de spatialisation dynamique, et de fragmentation narrative. Cette œuvre a été conçue selon trois modalités interdépendantes, anticipant la notion d'écriture distribuée qui poursuivra son développement dans mes projets suivants.

5.7.1 Version performative (concert)

Dans sa forme performative, *Iquisme* se présentait comme un opéra vidéo sur scène, avec ensemble instrumental, électronique temps réel, spatialisation sonore et projection vidéo générative. L'espace y est pensé comme un dispositif de tension narrative, articulé entre une partition « déterministe », mais dont tous les paramètres électroniques fluctuent avec l'interprétation des musiciens. Il s'agissait d'une pièce ambitieuse, mais de facture assez classique du point de vue de la musique mixte avec ensembles.

5.7.2 Prototype numérique (corpus « atomisé »)

Le prototype interactif était pensé non pas pour la VR, mais comme corpus de données à analyser par les méthodes de deep learning et de compression par Sparse Coding sur les flux de la version performative. Cet espace à permis de conceptualiser les principes d'une navigation

dans un espace intermédiaire laissant entrevoir les possibilités d'une nouvelle table non linéaire, dont les logiques ne sont plus basées que par une orchestration des interactions (sur une sorte de prémisses aux LLM). Ce prototype deviendra lui-même un support autonome, permettant une navigation individuelle dans les strates narratives de l'œuvre. L'environnement sonore et textuel y est modulé en fonction des choix ou de la position des participants, sans nécessité d'un espace scénique spécifique.

5.7.3 Installation interactive

La version d'installation repose sur une scénographie cartographique, dans laquelle le·la spectateurs, par leurs gestes et positions, active des fragments vocaux, textuels et visuels. Cette version expose un espace de navigation où le récit délinéralisé émerge en fonction du comportement du public, qui peut également être composé de danseurs ou performeurs, l'oeuvre agissant comme une sorte de sampleur intelligent capable de créer une relation syntaxique reproductible avec son public. C'est-à-dire qu'un même type de mouvement face à l'œuvre pourrait engendrer un même type de comportement au son et à l'écran. Tout l'intérêt pour le « compositeur d'interaction » étant de pouvoir élaborer de nouvelles règles contradictoires, en écartant les solutions

5.8 Vers une œuvre comme environnement relationnel

L'ensemble du projet *Iquisme* repose sur une structure non-hiérarchique et transversale, dans laquelle chaque modalité active une dimension spécifique de l'œuvre (présence corporelle, attention flottante, navigation individuelle). Ces trois formes ne sont pas des adaptations les unes des autres, mais des déploiements distincts à partir d'une même matière poïétique, pensée pour être modulée selon le contexte d'écoute et d'interaction.

Cette organisation tripartite a permis de formuler les premières bases d'une esthétique de la distribution :

- espace comme syntaxe
- fragmentation comme structure distribuée de l'expérience au sein de trois dispositifs
- interaction comme écriture.

Perspectives : continuité et amplification dans *Beyond Sea Skin.*

Le projet *Beyond Sea Skin,* (présenté au chapitre 15) prolonge et amplifie cette approche du triptyque initiée avec *Iquisme*, tout en intégrant de nouveaux paramètres issus du dialogue avec la recherche scientifique, les données environnementales et les technologies immersives.

5.8.1 Vers une poétique inter-opérable

Contrairement à *Iquisme*, conçu à partir d'un texte et d'un récit vocal, *Beyond Sea Skin* explore une matière sonore d'origine bioacoustique et environnementale. Ce changement de nature du

matériau appelle une poétique de la transformation continue, fondée sur la plasticité des formes sonores et la variabilité de leur spatialisation.

Le triptyque prend ici une dimension inter-opérable : chaque modalité (concert immersif, installation audiovisuelle, application XR) est conçue pour dialoguer avec les autres dans une logique d'interconnexion et de circulation des matériaux.

5.8.2 Perspectives technologiques et perceptives

L'intégration de données océanographiques (turbidité, température, mouvements marins) permet d'envisager une œuvre sensiblement connectée à des systèmes vivants, actualisée par des flux continus d'information. Cette orientation ouvre la voie à une écriture du vivant, en relation avec le territoire et ses transformations.

Sur le plan perceptif, *Beyond Sea Skin* engage un déplacement du rapport à l'immersion dans :

- le concert, l'expérience collective est structurée par une spatialisation dynamique à haute densité.
- l'installation, la contemplation devient un mode d'écoute mouvante, articulée à une image lente, presque sédimentaire.
- l'application XR, la navigation individuelle permet d'explorer des points de vue multiples sur une même topographie sonore et visuelle.

5.8.3 Vers une œuvre en écologie variable

Beyond Sea Skin développe ainsi un modèle de triptyque comme écosystème plastique, au sein duquel chaque forme constitue une facette d'un même univers poïétique, traversé par la question du vivant, de l'immersion et de la transformation.

Ce modèle permet de penser l'œuvre non comme un objet fermé ou versionné, mais comme un champ de mutations réglées, dans lequel l'écriture musicale s'articule à l'écriture de l'espace, à la scénographie et à l'architecture de la perception.

L'expérience du triptyque dans *Iquisme* a permis de poser les premières bases d'une esthétique de la distribution intermédiatique. Avec *Beyond Sea Skin*, cette approche trouve une amplification décisive, à la fois en termes de matériaux, de technologies, et de structures perceptives. Le triptyque y devient une forme opératoire de composition : une manière d'écrire en relation avec les régimes de présence, d'espace, de perception et de données, dans une logique de transformation et de circulation de l'œuvre qui sera mise à profit de manière systématique dans mes projets postérieurs.

Chapitre 6 Espace non-commutable de la création recherche

6.1 La géométrie non commutative comme dynamique des espaces.

Depuis des siècles, la science essaie de rendre le monde plus compréhensible en passant du visible compliqué à l'invisible simple[230]. Autrement dit, elle cherche à remplacer les phénomènes visibles mais complexes par des modèles invisibles mais plus faciles à manipuler. Pour cela, les mathématiques jouent un rôle clé. Pour l'exemple de l'espace, on le décrit depuis Descartes à l'aide de fonctions : des formules qui assignent à chaque point de l'espace une valeur (comme la température en chaque point d'une pièce). Ces fonctions peuvent être combinées entre elles, et jusqu'à récemment, on considérait que l'ordre dans lequel on les combine n'avait pas d'importance. C'est ce qu'on appelle une opération commutative : $A \times B = B \times A$.

Mais les développements de la physique quantique depuis le début du XXe siècle ont démontré — pour les besoins de démonstration de la force de l'énergie nucléaire — que cette approche était dépassable, et montrait ses limites à l'échelle quantique. Cette échelle désigne le monde des particules infinitésimales, des électrons, photons et atomes[231]. À cette échelle, les lois de la physique classique ne s'appliquent plus. Les phénomènes deviennent probabilistes et obéissent aux règles de la mécanique quantique. C'est un niveau de réalité où le comportement de la matière et de l'énergie est fondamentalement différent.

Dans la vie de tous les jours, l'ordre des opérations, souvent, n'a pas d'importance : multiplier 3×4 ou 4×3 donne le même résultat. En physique quantique, ce n'est plus toujours vrai. Certaines grandeurs, comme la position et la vitesse (ou plutôt l'impulsion) d'une particule ne peuvent pas être mesurées précisément en même temps, car elles dépendent de calculs qui ne donnent pas le même résultat selon l'ordre. Ce phénomène s'appelle la non-commutativité. C'est une règle fondamentale du monde quantique. Dans une bombe nucléaire, les réactions qui libèrent énormément d'énergie sont gouvernées par ces lois quantiques. Les atomes se comportent de manière imprévisible à notre échelle, et leur énergie est liée à ces opérations dont l'ordre compte. C'est pourquoi on a besoin de la physique quantique pour comprendre comment fonctionne l'énergie nucléaire, ce qui explique les craintes à ne pouvoir comprendre entièrement les réactions en chaînes lors de ses utilisations militaires et civiles.

---

[230] RISSET, Jean-Claude. « Quelques points de vue sur l'invisible », *Filigrane. Musique, Sons, Esthétique, Société*, no 2 (1 novembre 2005). https://doi.org/10.4000/12i1z.

[231] Les recherches ultérieures ont mis en évidence des entités encore plus fondamentales — neutrinos, quarks, gluons et bosons — qui constituent désormais les éléments décrits par le modèle standard de la physique des particules.

6.2 Un espace qui change de nature

Le mathématicien Alain Connes a proposé l'idée que l'espace lui-même pourrait être décrit non plus par des fonctions commutatives, mais par des algèbres non commutatives[232]. Dans ce cas, l'ordre dans lequel on combine les éléments change le résultat : $A \times B \neq B \times A$. Cela peut sembler étrange, mais c'est exactement ce qu'on observe dans le comportement des particules à l'échelle quantique.

Un exemple simple : en mécanique classique, on peut mesurer la position et la vitesse d'un objet sans ambiguïté. Mais en mécanique quantique, la mesure de la position influence celle de la vitesse, et inversement. Cela implique une logique différente, où les grandeurs observables qu'on mesure ne peuvent plus être représentées simplement par des nombres, mais impliquent des opérateurs mathématiques.

6.3 L'espace n'est pas un décor

Traditionnellement, on pensait l'espace comme un cadre fixe dans lequel les objets évoluent. Mais avec cette nouvelle approche, l'espace devient lui-même le résultat d'interactions. Il n'existe plus en soi, mais est produit par les relations entre les objets qui s'y trouvent.

C'est un changement radical de perspective, qui a des racines profondes dans l'histoire des mathématiques, depuis Gauss et Riemann, jusqu'à Einstein et von Neumann. Aujourd'hui, cette géométrie dite non commutative permet d'imaginer des mondes invisibles, mais mathématiquement cohérents, pour mieux comprendre les lois de l'univers.

6.4 De la mesure intérieure à l'espace relationnel : vers une pensée dynamique de l'espace

Au début du XIXe siècle, l'espace géométrique reste associé à l'héritage d'Euclide et à la tradition cartésienne : il constitue un cadre homogène, continu, infini, dans lequel les objets prennent place selon des règles fixes. Il offre une structure stable, mesurable à l'aide de longueurs, d'angles ou de coordonnées, qui permet d'ordonner les figures et de situer les corps.

6.4.1 Gauss et la courbure comme donnée interne (1827)

En 1827, Carl Friedrich Gauss publie les *Disquisitiones generales circa superficies curvas*, dans lesquelles il élabore une nouvelle manière de penser l'espace à partir de la courbure des surfaces. Il y démontre que l'on peut mesurer la courbure d'une surface sans faire appel à un espace extérieur. La courbure devient une donnée intrinsèque, c'est-à-dire mesurable depuis l'intérieur de la surface elle-même, sans recours à une immersion dans un espace englobant.

[232] CONNES, Alain. *Noncommutative Geometry*. San Diego (CA), Academic Press, 1994. ISBN 0-12-185860-X. https://alainconnes.org/wp-content/uploads/book94bigpdf.pdf (consulté le 15 juillet 2025).

Cette avancée ouvre une possibilité conceptuelle majeure : l'espace cesse d'être un contenant absolu, pour devenir un milieu dont les propriétés peuvent varier localement, selon une logique propre. Gauss trace ainsi les prémisses d'une pensée de l'espace comme structure géométrique autonome, ancrée dans la mesure et non dans la représentation extérieure. On retrouvera ce principe dans les opérations géométriques (rotation et échelle) liées aux objets dans quasiment toutes les interfaces de conception 3D, qu'elles soient visuelles ou sonores. L'objet est un espace propre en lui-même.

6.4.2 Riemann et la multiplicité des géométries

En 1854, Bernhard Riemann, dans sa conférence *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen*[233], généralise l'intuition de Gauss. Il propose de considérer l'espace comme une variété, c'est-à-dire comme un ensemble de points localement comparables à un espace euclidien, mais globalement susceptible de déformations multiples. La métrique, qui définit les distances entre les points, y devient un champ variable, ce qui permet de penser des espaces à géométrie non constante.

Avec Riemann, la notion même d'espace s'ouvre à une pluralité de formes possibles. L'espace géométrique se transforme en une entité modelable, sensible aux conditions internes. Il ne s'agit plus d'un cadre unique et universel, mais d'un support différentiel, dont les lois dépendent des relations locales entre les points. Cette vision préparera les développements du XXe siècle, où l'espace sera conçu non comme antérieur aux phénomènes, mais comme coextensif à leur dynamique.

Dans la spatialisation sonore, on conçoit désormais que les objets peuvent changer d'attribut en permanence. Ce qui remodèle tous les équilibres du domaine dans lequel il s'insère selon qu'il s'agisse d'un domaine réel ou de l'espace d'un studio ou d'une salle de cinéma.

6.4.3 Einstein et l'espace-temps courbe (1915)

Ces conceptions trouvent une actualisation décisive avec la relativité générale d'Albert Einstein en 1915[234]. Reprenant les outils géométriques de Riemann, Einstein démontre que la matière courbe l'espace-temps : plus précisément, la répartition de l'énergie et de la masse dans l'univers influe sur la forme même de l'espace et sur le déroulement du temps. Il ne s'agit plus de penser l'espace comme fond sur lequel s'inscrivent les événements, mais comme résultat d'interactions physiques.

---

[233] RIEMANN, Bernhard. *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen*. Édition commentée par Jürgen Jost, avec un commentaire historique de Hermann Weyl. Berlin, Springer, 2013. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-642-35121-1

[234] EINSTEIN, Albert. « Die Feldgleichungen der Gravitation », Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin), 25 novembre 1915, p. 844-847. Traduction anglaise disponible sur Wikisource : https://en.wikisource.org/wiki/Translation:The_Field_Equations_of_Gravitation (consulté le 22 août 2025).

L'équation d'Einstein lie ainsi la géométrie et la physique dans une formule unique, où la courbure de l'espace-temps dépend directement de la densité d'énergie et de matière. L'espace est alors dynamique, variable, interactif et génératif : il émerge des phénomènes qu'il configure. Cette formulation marque une transition majeure, où l'espace cesse d'être une donnée abstraite pour devenir un acteur au sein du monde physique. En termes de composition générative, nous avons là une heuristique de l'infinité des possibilités de configuration, l'inverse de ce qu'a pu être la composition dans un espace fini. Il s'agit désormais de recourir à des échelles modulables pour situer les phénomènes, alors même que leur instabilité apparente résulte de la multiplicité des variations possibles. Ces échelles et leurs équivalences rendent toutefois envisageable l'obtention de résultats reproductibles. Sans échelle, toute manipulation de l'atome aurait été impossible par l'homme. Mais cette stabilité relative demeure problématique à l'échelle du vivant, tout comme le sont, d'une autre manière, les manipulations du génome[235].

En d'autres termes forcément très réducteurs : l'équation d'Einstein montre que l'espace et le temps peuvent se courber selon la matière et l'énergie présentes. Cela signifie que l'espace n'est pas fixe, mais peut changer, réagir et même produire des effets physiques. En création musicale ou scientifique, cela ouvre la voie à des configurations infinies et changeantes. On ne travaille plus dans un cadre figé, mais avec des repères souples capables de produire des résultats stables malgré leur diversité, le scratch du dj sur un vinyl est un bon exemple de manipulation temporelle mais dans un espace fermé, appréhendable. Pour la composition spatiale, les contraintes de manipulations temporelles se heurtent à la physique classique pour le déplacement du son dans l'espace. Cependant si l'on applique une pensée « espace-temps » proche de celle d'Einstein, on peut imaginer un espace de composition qui ne soit plus un simple contenant fixe mais un champ modulable. Le son n'est alors pas seulement localisé ou déplacé dans un espace préétabli, il participe à créer cet espace par ses variations, ses interactions et ses superpositions, et donc participe à une dialectique narrative. Cela revient finalement assez simplement à composer des objets sonores avec les relations dynamiques qui les relient, considérant que l'espace acoustique se déforme et se recompose sous l'effet même de sa propre musicalité. Dans ce cadre, la spatialisation est plus un acte de « modelage » que de simple arrangement, le placement ou déplacement littéral des repères sonores influençant les équilibres générés par le son en mouvement.

[235] La manipulation génomique, à une échelle tout autre, est aujourd'hui réalisable dans un laps de temps très court, contrairement aux longues années que nécessitait la sélection artificielle. Il s'agit là d'une forme de « bombes génomiques » aux vertus aussi puissantes que terrifiantes, comme en témoigne la technologie CRISPR.

6.4.5 L'abstraction fonctionnelle et l'émergence des espaces de Hilbert (1907–1930)

Au début du XXe siècle, un autre tournant se joue, cette fois du côté de l'analyse fonctionnelle. En 1907, le mathématicien allemand David Hilbert[236] formalise un cadre mathématique permettant de manipuler des fonctions comme des vecteurs, au sein d'espaces potentiellement infinis. Ces espaces de Hilbert offrent une structure géométrique aux objets fonctionnels : on peut y définir des longueurs (normes), des angles (produits scalaires), des bases orthogonales, et des projections.

Cette géométrie abstraite, bien que formulée dans un langage technique, repose sur une intuition proche de celle de Riemann : il existe une infinité d'espaces possibles, et chacun peut être défini par les objets qu'il contient et les opérations qu'il autorise.

Les espaces de Hilbert se révèlent essentiels pour la physique quantique. À partir des années 1920, des figures comme Werner Heisenberg[237], Erwin Schrödinger[238] et surtout John von Neumann s'appuient sur cette structure pour décrire les états quantiques d'un système physique. Un état quantique devient alors un vecteur dans un espace de Hilbert, et chaque grandeur mesurable (énergie, position, impulsion) correspond à un opérateur qui agit sur cet espace.

L'espace, dans ce contexte, ne se manifeste plus sous forme de coordonnées, mais comme un champ d'opérabilités. Ce ne sont pas les lieux, mais les actions possibles qui forment la structure sous-jacente. En 1932, von Neumann publie *Mathematical Foundations of Quantum Mechanics*[239], qui formalise cette approche. Il y montre que les opérateurs représentant des observables physiques ne commutent pas entre eux : l'ordre des opérations importe, ce qui constitue une rupture profonde avec les algèbres classiques.

6.4.6 Alain Connes et la géométrie comme effet d'interaction

C'est dans la continuité de cette transformation que s'inscrit le travail d'Alain Connes. Dans les années 1980, il élabore une géométrie où les objets fondamentaux ne sont plus des points, mais des algèbres d'opérateurs. Son ouvrage *Noncommutative Geometry*, paru en 1994, propose une nouvelle formulation : l'espace naît de l'organisation des phénomènes, des transformations, des mesures, des relations qui les rendent lisibles.

---

[236] HILBERT, David. *Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen*. Leipzig : B.G. Teubner, 1907. https://diglib.uibk.ac.at/download/pdf/367082.pdf (consulté le 22 aout 2025)

[237] HEISENBERG, W. *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*. Z. Physik 33, 879–893 (1925). https://doi.org/10.1007/BF01328377 C'est le texte où Heisenberg reformule la mécanique quantique en termes de matrices, étape décisive qui s'appuie justement sur les cadres mathématiques développés par Hilbert et ses successeurs

[238] SCHRÔDINGER Erwin, cité par GRIBBIN John, « In search of Schrödinger's cat », *Quantum physics and reality*, Londres, Black Swan, 1984, 302 p.

[239] VON NEUMANN, John. *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik*. Berlin : Springer, 1932. voir https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_Foundations_of_Quantum_Mechanics (consulté le 22 aout 2025)

À travers cette démarche, Connes offre un cadre cohérent pour penser des mondes où les repères classiques n'ont plus cours, mais où l'intelligibilité reste assurée par des structures opératoires : ce qui fait monde, c'est l'ensemble des actions possibles, structurées par des lois internes, même lorsque celles-ci ne suivent pas les règles de la géométrie ordinaire.

Dans le domaine artistique, une telle pensée résonne particulièrement avec les démarches qui font de l'espace une production relationnelle, un agencement perceptif, une interface d'échange ou d'écoute. Les dispositifs sonores interactifs, les environnements immersifs, les dramaturgies spatialisées peuvent être pensés à partir de cette logique : ce qui s'actualise dans l'expérience, ce n'est pas un espace donné, mais une architecture de réponses, de transformations et de tensions.

6.5 Conclusion isomorphique

6.5.1 L'espace comme résultante d'interactions : un renversement conceptuel

L'idée centrale partagée par Connes est que l'espace n'est plus donné a priori comme un cadre vide et absolu. Il émerge des relations, des interactions entre éléments qu'il s'agisse d'opérateurs mathématiques non commutatifs, ou ce qui en musique pourrait être des sons organisés de manière à générer une illusion spatiale (comme par exemple les illusions que Chowning à produit dans *Turenas.*)

Ce renversement fait passer d'un espace physique préexistant à un espace génératif, perceptif, ou relationnel « potentiel ». Cette approche fait écho aux pratiques de la composition musicale spatiale, où l'espace est construit, modelé, voire « performé », plutôt que simplement utilisé comme conteneur. Cela exprime également l'impossibilité à mettre en boîte l'expérience immersive qui résiste au formalisme logique simple, mais que l'intuition spontanée peut naturellement contourner (utilisation des format Atmos).

6.5.2 Non-commutativité et émergence du temps

La non-commutativité, au cœur de la géométrie de Connes, implique que l'ordre des opérations (ou interactions) change le résultat — c'est une rupture radicale avec la logique classique. Or, ce phénomène peut être vu comme une origine possible de la temporalité : si l'ordre importe, alors il y a une forme de direction du temps.

Cela permettrait d'introduire une temporalité interne au formalisme mathématique, là où le temps est traditionnellement exclu ou traité comme une variable parmi d'autres. En ce sens, la non-commutativité inscrit une asymétrie, qui évoque l'irréversibilité du temps vécu, ce que les

mathématiques pures ont historiquement du mal à représenter (et ce que les logiques formelles de Russell[240] ou Gödel[241] ont mis en tension).

6.5.3 Vers une heuristique compositionnelle du non-linéaire

Du point de vue de la composition musicale, cette conception ouvre des perspectives puissantes. L'espace sonore — en particulier dans les pratiques de spatialisation et de synthèse — peut être envisagé comme structuré par des relations non commutatives, où l'ordre des événements sonores crée des perceptions temporelles et spatiales distinctes. Ce modèle pourrait servir de base à une heuristique de la création, où le compositeur manipule des structures émergentes, instables, mais formellement consistantes, au lieu de projeter des formes sur un espace préformaté : c'est une autre manière de concevoir les espaces paramétriques de la composition sonore, comme une matière malléable qu'il est possible de modeler, et avec laquelle la lutherie numérique nous permet de contrôler le temps et interroger les logiques temporelles, bien au-delà de nos seuls impératifs d'expression musicale.

Ainsi, ce rapprochement entre la géométrie de Connes et la spatialisation sonore ne relève pas d'une analogie superficielle, mais d'une isomorphie conceptuelle : dans les deux cas, l'espace naît de processus dynamiques, et la temporalité est inscrite dans l'ordre même des opérations. Pour rester sur de modestes considérations musicologiques et rajouter une couche issue d'une autre sphère réflexive, nous montrerons comment ce temps est appréhendé dans une logique hétérochronique, comme l'entendait Foucault.

D'autres lectures, issues du champ de la physique mais destinées aux musiciens, viennent compléter cet ensemble d'outils conceptuels. On peut notamment citer l'article de Martin Laliberté, qui constitue une contribution remarquable à cette réflexion. Dans son texte intitulé « *Préalables à une réflexion sur le temps musical et ses liens avec la physique contemporaine*[242] », l'auteur propose un tableau d'analogies métaphoriques particulièrement évocateur entre certaines théories de la physique moderne et différentes figures du temps musical. L'intérêt de cette approche réside moins dans une transposition littérale des modèles scientifiques vers la musique que dans la mise en évidence de correspondances imaginables, capables de stimuler l'imagination du compositeur et d'élargir son horizon de pensée.

En confrontant, par exemple, la relativité temporelle ou les approches quantiques du temps aux expériences musicales, Laliberté ouvre un espace où la réflexion théorique devient un outil d'écriture. Ces métaphores scientifiques permettent de repenser la spatio-temporalité musicale

---

[240] Russell a cherché à réduire toutes les mathématiques à la logique, en construisant un système formel rigoureux et sans paradoxe.

[241] Les théorèmes de Gödel mettent en évidence une limite interne à tout système formel clos. Autrement dit, même dans un cadre logiquement parfait, il existe des vérités inaccessibles au sein du système lui-même. Ce constat vient fragiliser le projet russellien et, par extension, toute tentative de formalisation rigide et symétrique du réel.

[242] LALIBERTÉ, Martin. « Préalables à une réflexion sur le temps musical et ses liens avec la physique contemporaine », *Filigrane* , no 10, 2009, DOI: https://doi.org/10.4000/12i4d

non seulement comme une succession linéaire, mais comme un champ de possibles où différentes couches temporelles et spatiales peuvent coexister. L'article invite ainsi à concevoir la composition comme une mise en relation de régimes temporels hétérogènes, de la même manière que la physique contemporaine envisage la coexistence de modèles multiples pour appréhender la réalité.

Chapitre 7 Dans le rétroviseur de la musicologie, d'Aphex Twin à Romitelli

7.1 Introduction

La création musicale contemporaine s'est construite dans un espace fragmenté, traversé par des logiques parfois contradictoires de reconnaissance, de transmission et de circulation des œuvres. Contrairement à une représentation unifiée du champ musical, qui s'appuierait sur des critères esthétiques partagés ou des institutions communes de validation, le paysage de la musique savante et expérimentale s'est, depuis la seconde moitié du XXe siècle, caractérisé par une hétérogénéité croissante des approches, des supports et des régimes d'écoute[243].

Cette diversité, si elle témoigne d'un élargissement des pratiques et des langages, produit également une instabilité durable des repères normatifs. À mesure que de nouvelles esthétiques apparaissent, les catégories d'analyse et les dispositifs de légitimation exigent du temps pour s'ajuster. Ainsi, ce qui fait œuvre, ce qui mérite reconnaissance, ce qui peut être qualifié d'expérimental ou d'innovant, ne renvoie plus à des critères stabilisés, mais à des équilibres mouvants entre contextes de production, affiliations institutionnelles, discours d'accompagnement, et modes de réception[244].

Dans ce contexte, la notion de création musicale est indissociable des cadres dans lesquels elle se manifeste. Une œuvre ne circule pas dans un espace neutre, mais au sein d'un champ structuré par des dynamiques de cooptation, de différenciation et de concurrence[245]. Ces dynamiques opèrent aussi bien à l'intérieur des milieux professionnels — entre compositeurs, interprètes, programmateurs, critiques — qu'entre institutions porteuses de modèles esthétiques concurrents. Elles affectent la manière dont une œuvre est pensée, produite, interprétée, et jugée recevable dans un corpus — qu'il s'agisse d'un répertoire ou d'une programmation culturelle.

À ce titre, les scènes de la musique contemporaine constituent un terrain d'observation privilégié des logiques de légitimation. Loin de constituer un simple arrière-plan, ces logiques modèlent en profondeur les conditions de possibilité de la création. Elles influencent les choix formels comme les postures d'auteurs, la visibilité des œuvres comme leur diffusion, les discours qui les accompagnent comme les dispositifs techniques qui les rendent audibles[246]. Les dispositifs technologiques, en particulier, ne doivent pas être abordés uniquement comme des

---

[243] BORN, Georgina. *Rationalizing Culture : IRCAM, Boulez, and the Institutionalization of the Musical Avant-Garde*. Berkeley : University of California Press, 1995, 424 p.

[244] BOURDIEU, Pierre. *Les Règles de l'art : Genèse et structure du champ littéraire*. Paris : Seuil, 1992.

[245] JOHNSON, Julian. 2002. *Who Needs Classical Music? Cultural Choice and Musical Value*. Oxford: Oxford University Press.

[246] BOURDIEU, 1992 *op. cit.*

moyens au service d'un langage, mais comme des vecteurs de structuration du champ[247]. L'accès aux outils de production, la maîtrise de l'environnement logiciel, la possibilité de collaborer avec des structures dotées de ressources spécialisées constituent autant de facteurs qui participent à la configuration des œuvres. En cela, toute mutation technologique ne transforme pas seulement les formes sonores, mais aussi les rapports de pouvoir implicites au sein des milieux artistiques[248].

Dès lors, penser la création musicale suppose d'analyser les conditions sociales et matérielles dans lesquelles elle se déploie, mais aussi de comprendre comment ces conditions influencent les hiérarchies esthétiques. Certaines œuvres sont reconnues comme innovantes non pas uniquement en raison de leurs qualités intrinsèques, mais parce qu'elles s'inscrivent dans des systèmes de légitimation préexistants, ou parviennent à en construire de nouveaux[249].

C'est à partir de cette problématique que peut être envisagée la transformation des régimes de légitimité à la fin du XXe siècle, moment charnière où les outils de production deviennent plus accessibles, et où la création musicale s'ouvre à des pratiques moins contraintes par les institutions traditionnelles.

Cette situation contraste profondément avec celle qui prévaut dans le champ musical à partir de la fin du XXe siècle, et plus particulièrement à partir des années 1980. La transformation majeure provient non seulement de la diversification esthétique mais, de manière encore plus déterminante, de la démocratisation des moyens de production numériques. L'accessibilité progressive des outils d'enregistrement, de traitement et de diffusion sonores — auparavant réservés à des studios institutionnels ou spécialisés — a ouvert de nouvelles modalités de création musicale directe[250].

7.2 L'élargissement des esthétiques dans l'espace numérique

Alors que, dans le modèle précédent, la production sonore nécessitait des infrastructures lourdes (multiplication des magnétophones, accès à des synthétiseurs coûteux, espaces de studio), la miniaturisation technologique et la baisse des coûts ont permis à des pratiques populaires d'émerger et de s'autonomiser. Ce phénomène a profondément modifié non seulement les voies d'apprentissage et de transmission musicales, mais également les motivations mêmes de la création : le désir de produire, d'expérimenter et de diffuser la musique pouvait désormais s'exprimer en dehors des circuits classiques d'apprentissage académique ou institutionnel.

---

[247] THÉBERGE, Paul. *Any Sound You Can Imagine: Making Music / Consuming Technolog*y. Middletown, Connecticut : Wesleyan University Press. 1997

[248] PRIOR, Nick. *Popular Music, Digital Technology and Society*. Newbury Park : SAGE, 2018. 224 p.

[249] HESMONDHALGH, David. *Why Music Matters*. Chichester : Wiley-Blackwell, 2013.

[250] THÉBERGE 1997, *op. cit.*

En ce sens, la musique numérique participe d'une redéfinition des modes d'autorité et de reconnaissance, en rompant partiellement avec les formes de légitimité traditionnellement associées aux scènes de la musique contemporaine savante.

La pratique musicale connaît un bouleversement majeur avec l'apparition des moyens de production médiatiques au cours du XXe siècle. Il convient, à ce stade, de préciser ce que recouvre cette notion : les moyens de production désignent l'ensemble des dispositifs techniques — analogiques d'abord, numériques ensuite — permettant l'enregistrement, la manipulation, la reproduction et la diffusion du son sous une forme reproductible et transportable.

Or, malgré leur apparition dès la seconde moitié du XXe siècle, ces technologies demeurent encore, en 2025, des zones d'émergence largement sous-documentées par la littérature scientifique spécialisée en musicologie. Les analyses disponibles proviennent majoritairement d'autres disciplines, notamment de la sociologie de la culture et des études sociales des sciences et des techniques (STS)[251], qui se sont intéressées à ces phénomènes à travers l'étude des mouvements rock, punk, techno ou dance[252].

Dans le cadre de notre étude, l'attention portera plus spécifiquement sur les outils électroacoustiques. Ceux-ci connaissent dès les années 1950 une première phase de vulgarisation avec l'introduction d'instruments électriques tels que la guitare électrique ou le piano électrique. La guitare, en particulier, deviendra l'un des vecteurs majeurs de cette transformation : elle permet aux musiciens amateurs d'accéder à une puissance sonore et à une capacité d'expression jusqu'alors réservées aux formations traditionnelles[253].

Ce phénomène entraîne une redéfinition des esthétiques musicales : les instruments électrifiés produisent non seulement de nouveaux timbres, mais engendrent également des usages inédits, modifiant profondément la fonction même de la pratique musicale. Ce processus, déjà analysé par l'ethnomusicologie[254] montre comment les hybridations stylistiques émergent à la croisée des pratiques classiques, des musiques traditionnelles et des formes issues de contextes sociaux nouveaux.

7.2.1 Popularisation de l'accès à la musique

Il apparaît ainsi que l'éventail des pratiques musicales s'élargit considérablement, rendant la musique accessible à des couches toujours plus larges de la population. La production sonore, longtemps conditionnée par des structures académiques ou artisanales étroites, entre alors dans une ère de diffusion et d'expérimentation massive, posant de nouveaux défis aux cadres analytiques traditionnels.

---

[251] BENNETT, Andy. *Cultures of Popular Music*. Buckingham : Open University Press, 2001.

[252] HEBDIGE, Dick. *Subculture : The Meaning of Style*. London : Routledge, 1979.

[253] TAGG, Philip. *Music's Meanings : A Modern Musicology for Non-Musos*. New York : Mass Media Music Scholars' Press, 2012.

[254] MERRIAM, Alan P. *The Anthropology of Music*. Evanston : Northwestern University Press, 1964. 371 p.

Il convient ici de rappeler que, jusqu'à la première moitié du XXe siècle, la pratique musicale restait, dans la majorité des sociétés, l'apanage de spécialistes. Même si, historiquement, la transmission musicale s'est très souvent effectuée de manière orale — sans recours nécessaire à la notation — et que certaines cultures n'ont jamais intégré la partition dans leurs pratiques[255], la maîtrise d'un instrument ou la capacité à produire de la musique structurée nécessitaient, le plus souvent, un apprentissage spécifique.

La musique n'a certes pas attendu l'invention de l'écriture ou des systèmes savants pour exister ; cependant, elle demeurait, dans de nombreux contextes, l'affaire de praticiens destinés à jouer, parfois de manière professionnelle, parfois dans le cadre d'un artisanat ritualisé. Lorsqu'elle s'inscrivait de manière accessoire dans le quotidien des individus, la pratique musicale restait souvent marginale, cantonnée à une fonction secondaire.

Cela n'empêchait nullement le rapport à la musique d'être essentiel dans les existences, structurant les rythmes de la vie sociale à travers les coutumes, les cérémonies religieuses, les fêtes communautaires ou les rites de passage[256]. Toutefois, on observait une distinction implicite entre ce que l'on pourrait appeler, avec prudence, la « grande musique » — relevant des traditions savantes ou institutionnalisées — et les musiques de pratiques locales ou populaires — intégrées à la vie sociale, mais peu médiatisées.

7.2.2 Industrialisation

Avant l'avènement des moyens industriels de diffusion sonore, la musique, même omniprésente dans les rites et les sociabilités, n'avait pas encore connu une véritable massification dans ses conditions de production et d'accès. C'est précisément cette situation que la démocratisation des outils électro-acoustiques et numériques viendra profondément transformer au cours de la seconde moitié du XXe siècle.

Ainsi, ce qui transforme radicalement les conditions d'accès à la production musicale — et plus largement, aux pratiques artistiques médiatiques — au cours des années 1980, c'est l'émergence de l'ordinateur personnel. Pour la première fois, des utilisateurs individuels peuvent disposer, dans un cadre privé, d'un outil capable de générer des sons, de les enregistrer, de les séquencer, et de les manipuler de manière autonome.

Parallèlement aux possibilités sonores, l'ordinateur ouvre également à la manipulation de l'image par le biais du pixel, amorçant une convergence progressive entre les arts sonores et visuels[257]. Même dans leurs premières versions relativement rudimentaires, ces dispositifs offrent un accès inédit à des outils de création, inaugurant une ère où la capacité technique de

---

[255] NETTL, Bruno. *The Study of Ethnomusicology : Thirty-One Issues and Concepts*. Urbana : University of Illinois Press, 1983.

[256] MERRIAM, 1964, *op. cit.*

[257] MANOVICH, Lev. *The Language of New Media.* Cambridge : MIT Press, 2001.

produire, transformer et diffuser des œuvres n'est plus réservée aux seules structures professionnelles ou institutionnelles.

Ce basculement technique, qui met à disposition du grand public des moyens jusque-là réservés à des contextes spécialisés, marque une rupture profonde dans l'histoire des pratiques musicales et audiovisuelles : il favorise l'émergence de nouveaux acteurs, autodidactes ou formés par des voies non traditionnelles, et contribue à brouiller les frontières établies entre amateurisme et professionnalisme.

7.2.3 Informatique musicale

Dans cette dynamique, il convient de noter que l'émergence des logiciels de création sonore s'inscrit parallèlement au développement des jeux vidéo, lesquels ont attiré dès leurs débuts un large public d'utilisateurs. Pour produire les musiques et sons nécessaires à ces nouvelles applications interactives, il fallut développer des outils spécifiques capables de digitaliser des sons sous une forme reproductible par des circuits électroniques rudimentaires.

Ce processus donna naissance à des esthétiques nouvelles, parmi lesquelles les chiptunes — musiques réalisées à partir de sons produits par des processeurs audio primitifs, notamment sur consoles et ordinateurs 8 bits — qui constituent aujourd'hui un corpus reconnu à part entière, identifiable par ses timbres caractéristiques et ses modes de fabrication singuliers[258].

Dès les années 1980, les premiers outils de composition disponibles sur ordinateurs personnels proposaient une manipulation relativement étendue des possibilités sonores, malgré l'austérité de leurs interfaces. La programmation en langage BASIC, accessible à certains utilisateurs, permettait de structurer des séquences musicales simples, tout en offrant un contrôle direct sur plusieurs paramètres fondamentaux de l'édition sonore : hauteur, durée, timbre, rythme.

Ainsi, bien que les interfaces fussent encore limitées, le champ des possibles s'élargissait considérablement. La possibilité de fixer, de séquencer, de mémoriser le son transformait la pratique musicale en une véritable écriture numérique. Ce contact avec l'interface d'écriture favorisait l'éclosion de formes de pensée musicale nouvelles : articulation séquentielle, structuration polyphonique, exploration de variations timbrales et, dans certains cas, esquisses d'orchestration électronique rudimentaire.

Même si les ressources techniques restaient modestes comparées aux standards ultérieurs, elles représentaient déjà un saut considérable pour des utilisateurs jusque-là limités à des instruments acoustiques simples — flûtes, percussions ou guitares. L'accès à un spectre étendu de timbres et de textures, combiné à la possibilité de les agencer de manière systématique, ouvrait la voie à une diversification inédite des pratiques compositionnelles.

Il est important de souligner que ces mutations techniques et esthétiques, impulsées par l'accès élargi aux outils numériques rudimentaires, se développent en parallèle d'une autre dynamique,

[258] COLLINS, Karen. *Game Sound : An Introduction to the History, Theory, and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge : MIT Press, 2008.

plus institutionnelle, issue du monde de la recherche musicale. Dès les années 1970, cette recherche aboutit à des dispositifs de synthèse sonore extrêmement élaborés, permettant la digitalisation précise du son, et l'accès à des interfaces complexes.

Parmi ces dispositifs, on peut citer l'exemple emblématique du Fairlight CMI, synthétiseur numérique développé en Australie, qui intègre des capacités de sampling et de manipulation numérique du son dès la fin des années 1970[259]. De telles machines, tout comme le Synclavier ou les systèmes de synthèse FM de Yamaha, offraient déjà des possibilités avancées de création sonore. Toutefois, leur coût d'acquisition prohibitif les réservait à quelques studios de recherche, grandes institutions, ou artistes bénéficiant de moyens exceptionnels.

Ces dispositifs eurent néanmoins un impact considérable sur la production musicale commerciale des années 1980 : plusieurs figures majeures, telles que Michael Jackson ou Kate Bush, s'en emparèrent pour façonner des esthétiques sonores caractéristiques de la décennie, marquées notamment par l'usage du sampling et des textures électroniques raffinées.

En parallèle, et indépendamment de ces sphères d'excellence technologique, une génération entière d'amateurs eut accès à des moyens de production musicale radicalement transformés, grâce aux premiers ordinateurs personnels et aux logiciels de composition accessibles. Cette évolution reconfigura profondément le rapport à la musique : auparavant, la pratique musicale supposait un apprentissage long et souvent institutionnalisé — au Conservatoire ou par une pratique autodidacte nécessitant une maîtrise d'instruments traditionnels. Désormais, l'entrée dans la pratique musicale devenait possible sans passer nécessairement par ces formalismes, ce qui posa, et pose encore aujourd'hui, de nombreuses questions quant à la redéfinition des cadres de légitimité et de formation musicale.

7.2.4 Obsolescence

Ce qui se développait de manière exploratoire et innovante dans les années 1980 par la facture électronique est aujourd'hui largement banalisé. Les procédés sonores qui nécessitaient alors des dispositifs expérimentaux sont désormais accessibles sous forme de presets dans la majorité des logiciels de composition et des stations de travail audio-numériques, qu'il s'agisse des environnements les plus classiques (tels que Pro Tools) ou des plateformes plus orientées vers la musique électronique (comme Ableton Live).

Dans le champ de la musique contemporaine, certaines œuvres emblématiques — notamment celles issues du répertoire de l'IRCAM — ont fait l'objet d'études approfondies, en particulier pour leurs problématiques liées à l'obsolescence technologique. D'autres pièces, devenues des jalons du répertoire électronique, seront abordées dans différentes sections de cette thèse. Ces analyses permettent de documenter les outils et les méthodes employées ; cependant, elles restent souvent fragmentaires.

---

[259] PINCH, Trevor, et TROCCO, Frank. *Analog Days : The Invention and Impact of the Moog Synthesizer. Cambridge* : Harvard University Press, 2002.

C'est seulement par la combinaison de multiples sources — articles, entretiens, analyses techniques — qu'il devient possible de reconstituer une interprétation plausible des processus de création. Cette difficulté s'accroît lorsqu'on interroge directement les compositeurs : nombre d'entre eux reconnaissent leur incapacité à retracer précisément le fil conducteur de leur travail, en particulier lorsqu'ils ont eu recours à des logiciels modulaires, à des prototypes instables ou à des instrumentariums expérimentaux.

Cette situation contraste fortement avec la musique orchestrale ou de chambre, où la stabilité des instruments, des techniques de jeu et des notations, héritée de plusieurs siècles d'histoire, offre un cadre relativement prévisible pour la création et l'interprétation. Dans les musiques électroniques expérimentales, l'instabilité technologique est constitutive du processus créatif lui-même, rendant toute entreprise de documentation et d'archivage non seulement difficile, mais fondamentalement problématique.

7.2.5 Diversification des esthétiques

À partir des années 1980, et de manière encore plus marquée après 2000, cette rupture esthétique s'amplifie : les nouveaux répertoires issus de la démocratisation numérique acquièrent une visibilité et une légitimité accrues. On observe ainsi la montée en popularité de courants tels que l'IDM (Intelligent Dance Music) ou l'électronica[260], où la création sonore est directement issue de la manipulation numérique, sans nécessaire référence aux traditions savantes de la musique contemporaine[261].

Ces évolutions traduisent non seulement un changement des pratiques de création, mais également une recomposition profonde des critères de reconnaissance artistique dans le domaine des musiques électroniques contemporaines.

La définition musicologique de la techno semble moins relever d'une essence stable que d'une série de constructions critiques mouvantes. Apparue au croisement d'une esthétique machinique et d'une utopie futuriste dans les années 1980 à Detroit[262], la techno s'affirme d'abord comme un art de la répétition, de l'abstraction sonore et d'une certaine économie du texte musical. Cette esthétique cultive une acousmaticité double — à la fois par sa production électronique et par l'effacement des signes d'énonciation — plaçant la critique face à l'expérience d'un langage désarmé[263].

---

[260] SHAPIRO, Peter. *Modulations : A History of Electronic Music : Throbbing Words on Sound*. New York : Caipirinha Productions, 2000.

[261] REYNOLDS, Simon. *Energy Flash : A Journey Through Rave Music and Dance Culture*. London : Picador, 1998.

[262] VERMOESEN, Noëmie. *La techno prise au mot : écritures critiques des musiques électroniques dansantes en Allemagne, en France et au Royaume-Uni de 1986 à 1999*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 2023, https://theses.fr/2023REN20065

[263] DEMERS, Joanna. *Listening through the Noise : The Aesthetics of Experimental Electronic Music*. Oxford : Oxford University Press, 2010.

7.3 L'intelligent dance music

Dès lors, écrire sur la techno implique d'accepter son ineffabilité constitutive : les stratégies discursives oscillent entre la description technique, toujours incomplète, et la métaphore, nécessairement partielle[264]. L'émergence de formes expérimentales telles que l'Intelligent Dance Music (IDM) radicalise cette tension : comme le souligne Simon Reynolds, l'IDM délaisse toute fonction dansante immédiate pour explorer les potentialités de textures sonores évanescentes, rendant l'analyse d'autant plus incertaine[265].

En ce sens, la techno, dans ses versants les plus expérimentaux, invite moins à établir des typologies définitives, qu'à penser une écriture critique attentive à ses propres résistances, consciente de l'impossibilité de totaliser ce qui se construit avant tout comme expérience sonore et affective.

Si l'on n'entrera pas ici dans le détail des différentes scènes underground, il importe néanmoins de considérer quelques figures majeures, telles que Aphex Twin, Amon Tobin ou Squarepusher. Ces artistes incarnent une génération de créateurs ayant eu accès très tôt, dès l'enfance, à des ordinateurs personnels et à des moyens d'enregistrement domestiques simples (magnétophones à cassette, premières cartes son).

Figure 27 : Commodore 64, sortie en 1981, point de départ d'initiation à l'informatique pour de nombreux artistes numériques nés dans les années 70. Source : Evan-Amos, domaine public, Wikimedia

Leur démarche se caractérise par un flux de production spontanée, délié des normes académiques traditionnelles : un processus créatif entièrement découplé des cadres de composition

[264] *Ibid.*

[265] REYNOLDS, Simon. *Energy Flash : A Journey Through Rave Music and Dance Culture.* London : Picador, 1998.

savante, y compris dans le domaine électroacoustique, où pourtant l'usage du sampler et du traitement numérique est déjà bien intégré. Tandis que les studios de recherche parviennent à élaborer des œuvres techniquement abouties dans des contextes institutionnels, ces scènes électroniques, par leur relative autonomie et leur rapidité d'expérimentation, introduisent une forme de disruption esthétique.

La création sonore issue de ces pratiques échappe ainsi aux logiques d'institutionnalisation classique, en construisant ses propres critères de validité artistique, souvent fondés sur la prolifération des textures, l'expérimentation rythmique, et la redéfinition du rapport au médium sonore lui-même dans son contexte industriel et social.

7.3.1 Les angles morts de la musicologie

Alors même que, comme nous l'avons évoqué précédemment, la musicologie éprouvait déjà des difficultés à analyser pleinement la création musicale du XXe siècle, avançant lentement dans la compréhension des mécanismes, des intentions et des essais esthétiques des compositeurs contemporains, surgit à partir des années 1980 un ensemble de productions qui restera largement déconsidéré par les études musicologiques.

Ces nouvelles musiques électroniques, fondées sur la répétition rythmique, l'usage de la percussion et une dynamique fortement marquée par la danse, seront souvent perçues comme dépourvues de complexité technique et de combinatoires formelles dignes d'analyse. La priorité donnée au rythme et à l'impact immédiat du son masque ainsi l'existence de techniques sophistiquées et de recherches esthétiques sous-jacentes.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cette mise à l'écart. D'une part, la production phénoménale de musiques électroniques générées par les nouveaux outils — synthétiseurs numériques, échantillonneurs, interfaces MIDI — contribue à saturer l'espace critique. Le caractère massif et hétérogène de ces créations, souvent perçues comme un phénomène de mode éphémère, décourage une étude approfondie.

On peut à cet égard rappeler l'exemple du concours international de musique électroacoustique de Bourges dans les années 1980. D'après les témoignages recueillis auprès de plusieurs membres de jury de cette période[266], l'arrivée du Yamaha DX7 et de nombreux autres synthétiseurs numériques accessibles au grand public a ajouté une part significative de productions jugées peu abouties par rapport aux œuvres habituellement soumises. La synthèse sonore, jusqu'alors réservée aux studios spécialisés, devenait accessible à un large public, préfigurant la démocratisation du home studio numérique. Une quantité importante de pièces électroniques, souvent réalisées à partir de presets standardisés, afflue alors pour concourir. Les jurys se trouvent débordés par ce volume inédit et déconcertés par ce qu'ils perçoivent comme une homogénéisation esthétique. Face à une masse d'œuvres jugées redondantes ou peu inspirées, on

[266] Discussions informelles échangées lors de mes collaborations avec le Concours international de musique électroacoustique de Bourges, entre 2003 et 2009, d'abord en tant que salarié, puis comme membre du jury.

peut imaginer que les comités aient pu parfois procéder à des sélections globales, sans toujours pouvoir maintenir une distinction fine entre les démarches artistiques.

Cette situation révèle un double biais. D'une part, le critère de jugement demeure encore largement hérité des esthétiques savantes issues de la musique concrète et de l'électroacoustique institutionnelle. D'autre part, un amalgame s'installe entre la musique électronique populaire — associée à des figures comme Jean-Michel Jarre, Tangerine Dream ou Vangelis — et la production expérimentale émergente, souvent plus radicale, mais invisibilisée par sa cohabitation avec un flot d'œuvres commerciales.

Or, parmi cette production de masse, certaines pièces, passées inaperçues à l'époque, s'avèrent par la suite déterminantes pour l'émergence de courants expérimentaux majeurs, notamment au sein des scènes noise ou des labels avant-gardistes comme Mille Plateaux ou Vergo. La difficulté institutionnelle à distinguer ces créations innovantes au sein d'une masse informe constitue ainsi l'un des angles morts les plus significatifs de la musicologie contemporaine.

Ce constat, loin d'être marginal, nous conduit à réinterroger les cadres d'analyse esthétique traditionnels, leur capacité à saisir les mutations rapides de la création sonore, et la nécessité d'élaborer de nouveaux outils critiques adaptés aux productions issues de la démocratisation technologique.

Face au flot de productions sonores généré par la démocratisation des moyens de création numérique, un constat s'impose : de nombreux artistes et démarches esthétiques passent sous les radars des observatoires institutionnels de la musique expérimentale.

Ces figures émergentes ne commenceront à recevoir une véritable attention qu'à partir des années 1990, non pas par l'intermédiaire des concours internationaux ou des revues savantes, mais plutôt à travers les magazines de presse spécialisés dans les cultures techno, dance music et rock alternatif. Plus proches des réalités sociales et des dynamiques propres aux scènes populaires, ces médias construisent un autre espace critique, distinct des sphères institutionnelles de la musique expérimentale.

Toute cette production ne sera que très marginalement étudiée du point de vue formel. Si quelques études isolées abordent l'esthétique de figures telles que Aphex Twin ou Amon Tobin, les ressources les plus riches et les plus abondantes proviennent en réalité des communautés de fans. Ces amateurs, musiciens autodidactes ou simples passionnés, s'engagent dans une démarche hybride : en cherchant à reproduire les techniques sonores de leurs modèles, ils construisent peu à peu un savoir empirique d'une grande précision.

À travers l'analyse minutieuse des sons, des timbres, des algorithmes de traitement et des caractéristiques matérielles des instruments (boîtes à rythmes, samplers, effets granulaires), se forme un ensemble de connaissances vernaculaires. Ce savoir, à la fois pratique et théorique, s'élabore en dehors des circuits académiques, par la pratique, l'expérimentation et le suivi attentif de la production artistique.

Des figures déjà citées comme Aphex Twin, Amon Tobin ou Boards of Canada illustrent également une autre dimension de cette dynamique : une volonté délibérée de jouer avec les codes de l'industrie musicale, en multipliant les pseudonymes, en adoptant des stratégies de diffusion alternatives, en produisant des œuvres insaisissables quant à leur attribution. Cette plasticité des identités artistiques rappelle certaines démarches des arts plastiques contemporains, où l'œuvre se déploie aussi dans l'espace public ou au sein d'interventions éphémères.

Ainsi, l'apparition de ces scènes sonores expérimentales invite à penser de nouvelles formes de critiques, capables de saisir non seulement les œuvres, mais également les logiques de production, de circulation et d'appropriation qui leur donnent sens.

Il convient également de souligner que l'originalité des scènes électroniques contemporaines ne réside pas uniquement dans la création sonore elle-même, mais aussi dans leurs modes de diffusion. L'échange de musiques par le biais des mixtapes, la sélection entre DJs, la circulation dans les clubs ont constitué des vecteurs centraux de transmission des œuvres et des styles.

Ce phénomène a été partiellement documenté par certaines études ethnomusicologiques récentes, bien que ces travaux demeurent encore relativement rares et fragmentaires[267]. Cependant, du point de vue des procédés de composition et des techniques précises de fabrication sonore, la documentation reste largement parcellaire. Les « recettes » de production — choix des instruments, des effets, des logiciels — circulent de manière diffuse, sans être véritablement consolidées dans un cadre théorique ou académique.

À partir des années 2000, plusieurs initiatives communautaires en ligne tentent néanmoins de combler cette lacune.

7.3.2 Intérêt et spécificité de la recherche-création dans le champ des musiques électroniques expérimentales

L'émergence massive des pratiques électroniques expérimentales depuis les années 1980 a ouvert un espace esthétique encore peu théorisé par la musicologie traditionnelle. Si certaines études ethnomusicologiques récentes, telles que celles de Graham St. John (2009), documentent les modes de diffusion (mixtapes, réseaux de DJs) et que des plateformes communautaires comme *Equipboard*[268] recensent de manière empirique le matériel utilisé par les artistes, la connaissance des procédés de composition reste largement fragmentaire et vernaculaire.

Les communautés de fans, par leur engagement technophile, assurent une fonction d'archivage et de transmission en dehors des circuits institutionnels. Cette dynamique, largement autonome, pourrait laisser penser que l'intervention universitaire serait redondante. De nombreux producteurs associés aux scènes IDM, tels que Aphex Twin, Amon Tobin ou Boards of Canada, déploient en effet des stratégies d'auto-documentation par le biais d'interviews, de netlabels ou

[267] ST. JOHN, Graham (éd.). *Rave Culture and Religion*. New York : Routledge, 2009.

[268] https://equipboard.com/

de bases de données communautaires, comme l'analyse Brian M. Jackson dans *The Music Producer's Survival Guide*[269].

Cependant, réduire la recherche-création à un simple rôle de documentation descriptive reviendrait à méconnaître ses apports spécifiques. En premier lieu, elle permet la formalisation critique de savoirs tacites, produits dans l'action mais rarement conceptualisés.

En second lieu, la recherche universitaire propose une mise en perspective critique qui dépasse la simple collecte : elle analyse les conditions sociales, techniques et esthétiques d'émergence des pratiques. Dans des scènes telles que l'IDM ou l'électronica, développées en marge des industries culturelles dominantes, cette analyse permet de rendre visibles les tensions rarement explicitées par les artistes eux-mêmes, entre innovation technologique, subjectivité artistique, et économie de la rareté[270].

En troisième lieu, si les producteurs expérimentaux assurent une part de leur propre archivage, la recherche universitaire offre des moyens complémentaires de conservation en inscrivant ces patrimoines dans des infrastructures pérennes (archives numériques, bases documentaires publiques).

Enfin, la recherche-création contribue à l'émergence de nouvelles épistémologies adaptées aux spécificités des musiques électroniques expérimentales. En hybridant composition algorithmique, création sonore et réflexivité technologique, les pratiques issues de l'IDM invitent à dépasser les catégories esthétiques traditionnelles — entre œuvre fixée et processus ouvert, compositeur et ingénieur, instrument et interface.

Dès lors, soutenir des démarches de recherche-création dans ce champ ne revient pas à imposer un cadre d'analyse extérieur aux communautés concernées, mais à co-construire avec elles des outils critiques et conceptuels permettant de mieux comprendre la complexité de leurs pratiques contemporaines.

7.3.3 Techno et musicologie

La problématique d'une définition musicologique de la techno, notamment dans ses formes expérimentales telles que l'Intelligent Dance Music (IDM), rejoint les analyses de Vincent Tiffon sur l'évolution contemporaine du musical vers ce qu'il nomme « l'image sonore[271] ». Comme l'a montré Noëmie Vermoesen, la techno est caractérisée par une production sonore acousmatique, répétitive et abstraite, échappant aux schèmes traditionnels de l'écriture musicale — au profit d'une esthétique de l'immédiateté sonore[272].

---

[269] JACKSON, Brian M. The Music Producer's Survival Guide : Chaos, Creativity, and Career in Independent and Electronic Music. Oxford : Focal Press, 2010.

[270] *Ibid.*

[271] TIFFON, Vincent. « L'image sonore contemporaine : entre misère symbolique et imaginaire sonore », *Apparence(s),* no 1, 2007, https://journals.openedition.org/apparences/73 (consulté le 22 aout 2025)

[272] VERMOESEN, 2023, *op. cit.*

Ce déplacement esthétique rejoint l'observation formulée par Tiffon : la musique contemporaine n'est plus structurée par une sémantique stable, mais par des textures et des effets perceptuels, oscillant entre une « misère symbolique » — appauvrissement des codes symboliques hérités — et un « imaginaire sonore » — création de nouvelles formes d'écoute.

Cependant, une distinction essentielle mérite d'être soulignée. Là où l'électroacoustique institutionnelle a bénéficié du soutien d'institutions publiques (studios de recherche, académies, radios nationales), les musiques électroniques « dansantes » — techno, house, IDM — se sont développées dans un cadre économique marchand, structuré par l'industrie discographique, l'événementiel et les logiques commerciales du club et du festival[273]. Cette inscription dans l'économie modifie profondément le statut de l'expérimentation sonore : loin d'être purement spéculative, elle est médiée par une attente collective, articulant innovation esthétique et désir communautaire.

Ce contexte éclaire en partie les raisons pour lesquelles la musicologie académique s'est longtemps tenue à distance de ces musiques. Héritière d'une conception savante centrée sur la partition et la structure formelle, la musicologie est face au défi de devoir considérer des pratiques fondées sur la performance enregistrée, l'improvisation technologique et ses formes ouvertes. De plus, l'association entre musique électronique dansante et culture populaire — souvent perçue comme éphémère, commerciale ou hédoniste — a renforcé son exclusion des champs de légitimité musicologique, dans un processus de délégitimation comparable à celui qu'ont subi le jazz ou la chanson populaire[274].

En ce sens, la techno expérimentale apparaît aujourd'hui comme un objet critique majeur : à la fois laboratoire sonore et miroir des tensions contemporaines entre art, économie et société. Plus encore, comme le souligne Vermoesen, elle oblige la critique musicale — et plus largement l'esthétique — à se réinventer face à des pratiques où la production sonore précède et déborde toute tentative d'inscription discursive[275].

7.3.4 Limites analytiques et défis techniques : la synthèse modulaire comme cas d'école

La difficulté d'intégrer pleinement les musiques électroniques expérimentales dans le champ musicologique tient aussi à la technicité aiguë des systèmes utilisés. Analyser de manière rigoureuse ces pratiques nécessite des compétences spécifiques sur les dispositifs de production sonore eux-mêmes.

L'exemple des synthétiseurs modulaires est particulièrement révélateur. Bien que ces instruments, apparus dès les années 1960-70 — avec des modèles emblématiques tels que le Moog,

---

[273] REYNOLDS 1998, *op. cit.*

[274] MARTIN, Denis-Constant. *Plus que de la musique… Musiques, sociétés et politique, Caraïbes, États-Unis, Afrique du Sud.* Guichen, Mélanie Seteun, 2020, 550 p.

[275] VERMOESEN 2023, *op. cit.*

l'ARP, le Serge ou les synthétiseurs Roland — soient relativement bien codifiés, leur complexité fonctionnelle rend leur formalisation extrêmement délicate. Chaque instrument repose sur des logiques de patching, de modulation et de traitement du signal qui, si elles obéissent à des principes communs, autorisent une variété de comportements sonores difficilement prévisibles à l'avance.

Dans les flux de productions contemporaine, cette difficulté s'accroît encore : la diversité des dispositifs, leur personnalisation extrême et la nature fluide de leurs interactions rendent complexe toute tentative de notation ou de transcription fidèle du processus de création. Il ne s'agit plus simplement de noter une succession d'événements sonores, mais d'inventer des systèmes capables de décrire dynamiquement des architectures de sons en constantes transformations.

Face à ces enjeux, l'étude des pratiques de la synthèse modulaire — et plus largement des systèmes électroniques flexibles — constitue en soi un sujet de recherche spécifique, qui requiert de repenser les outils analytiques, descriptifs et même conceptuels de la musicologie contemporaine.

À cet égard, les travaux de l'artiste et chercheur Nicolas Bernier offrent un contrepoint éclairant aux logiques de complexité propres à la synthèse modulaire. Plutôt que d'explorer des systèmes aux interactions multiples, Bernier part de la forme sonore la plus élémentaire : le signal sinusoïdal. Dans ses projets *frequencies (a)* (2011) et *frequencies (synthetic variations)* (2015), il combine le son acoustique des diapasons et la pureté des ondes de synthèse, articulant ainsi une réflexion sur la matérialité du son, la lumière et le geste[276]. Cette économie de moyens, qui emprunte à la rigueur de la recherche scientifique autant qu'à la pratique performative, interroge la complexité du sonore à partir de sa base la plus simple.

Cette démarche se prolonge dans les travaux de l'Ensemble d'oscillateurs, où la sinusoïde devient l'objet d'une expérimentation collective : Bernier en collaboration avec Guillaume Boutard et Caroline Traube, examine les conditions de notation, d'interprétation et de transmission d'œuvres fondées sur des phénomènes continus[277]. Le geste, la synchronisation et l'instabilité des phases y acquièrent une valeur compositionnelle à part entière.

Ainsi, loin de la virtuosité technologique souvent associée aux dispositifs modulaires, Bernier met en lumière une autre forme de complexité : celle du rapport entre abstraction et incarnation, entre rigueur mathématique et présence corporelle. Par ce travail de réduction et de réinterprétation, il propose une ontologie du sonore fondée sur le processus, où la simplicité devient un

[276] Bernier, Nicolas. « Lumière, matière, science, fiction : réflexions sur la relation son et lumière dans le cycle d'œuvres frequencies », *eContact !* vol. 19, n° 2, 201, https://econtact.ca/19_2/bernier_frequencies.html (consulté le 20 juillet 2025)

[277] BERNIER, Nicolas, BOUTARD, Guillaume et TRAUBE, Caroline. *Sine Waves Interpretations — Notes on an Adaptation and Transcription Process of Electroacoustic Works*. Montréal : Laboratoire formes • ondes / Université de Montréal, 2021, 145 p. https://www.lineimprint.com/line_124_book/Sine_Waves_Interpretations.pdf (consulté le 20 juillet 2025)

outil critique pour repenser les cadres analytiques et esthétiques hérités de la musique électroacoustique.

7.3.5 La diversité des processus de composition en musique électronique

L'étude des processus de composition chez les musiciens électroniques se heurte aujourd'hui à une complexité considérable, liée à la prolifération des ressources accessibles en environnement numérique. Depuis l'apparition des premiers logiciels de traitement et de génération sonore, nombre d'outils ont vu le jour, proposant des esthétiques spécifiques avant de disparaître ou de réapparaître sous de nouvelles formes, souvent avec des algorithmes remaniés ou intégrés à d'autres environnements.

Cartographier, même partiellement, l'usage d'une typologie de sons, de textures ou de moyens de production relève ainsi d'une tâche particulièrement ardue. Plus encore, comprendre les combinatoires d'écriture effectives — c'est-à-dire la manière dont les outils ont été associés, détournés ou hybridés par les musiciens — suppose d'accepter que ces pratiques s'écartent radicalement des cadres conventionnels de la composition musicale, hérités du contrepoint, de l'harmonie ou de la forme tonale.

Comme l'a montré Joanna Demers, les musiques électroniques expérimentales déjouent systématiquement les tentatives d'analyse formelle classique, en mobilisant des logiques de texture, de processus et de flux, difficilement saisissables par les outils analytiques traditionnels[278].

La situation contemporaine est ainsi marquée par une véritable explosion de nouvelles catégories esthétiques et techniques, difficilement qualifiables en l'absence de points de référence stabilisés. Ces références, lorsqu'elles existent, ne proviennent pas du discours académique classique, mais émergent directement des pratiques, des expérimentations, et surtout des témoignages des acteurs eux-mêmes.

Dès lors, l'analyse des musiques électroniques expérimentales nécessite une approche résolument inductive, fondée non sur des grilles préexistantes, mais sur l'observation minutieuse des processus créatifs, des contextes d'usage et des récits de pratiques.

7.4 Romitelli et la problématique de la fusion esthétique

La méconnaissance relative des musiques alternatives et indépendantes par la musicologie classique se révèle avec acuité lorsque l'on considère le projet artistique de Fausto Romitelli. Dès les années 1990, Romitelli oriente son écriture vers une tentative de fusion entre la musique savante contemporaine et les esthétiques issues des pratiques populaires contemporaines.

Il ne s'agit pas pour lui d'intégrer les musiques populaires dans un projet de « légitimation » académique ; au contraire, Romitelli cherche à enrichir son langage en obligeant la musique

[278] DEMERS, Joanna. *Listening through the Noise : The Aesthetics of Experimental Electronic Music*. Oxford : Oxford University Press, 2010.

savante à descendre de son piédestal, en la confrontant aux puissances sonores issues du rock, de l'électronique expérimentale et des musiques alternatives. Cette démarche vise à briser la frontière historique entre musique savante et musique populaire, en construisant une esthétique hybride, traversée par l'énergie brute de ces répertoires.

Ce projet mûrit lentement tout au long des années 1990 et se concrétise avec le cycle *Professor Bad Trip*, *Index of Metals* et sa dernière pièce pour orchestre *Audiodrome*. C'est avec *EnTrance* (1995) que Romitelli semble clore un premier cycle de recherche compositionnelle et entamer une période de pleine affirmation esthétique, qu'il développera jusqu'à sa disparition prématurée en 2004.

Comprendre la spécificité de cette fusion implique de saisir la nature des répertoires sources auxquels Romitelli se réfère. Lorsqu'il évoque des influences aussi diverses que le son de la guitare de Jimi Hendrix, la rage de Nirvana, les textures du Velvet Underground, les explorations psychédéliques de Pink Floyd, le minimalisme de Pan Sonic ou encore l'univers électronique d'Aphex Twin, il devient nécessaire de pouvoir identifier les marqueurs esthétiques et techniques propres à ces univers.

Or, il existe aujourd'hui peu de spécialistes académiques capables de combiner ces courants ; la littérature universitaire reste quasi inexistante pour proposer une analyse fine de ce type d'hybridations. Cette lacune méthodologique complique l'accès aux intentions réelles de compositeurs comme Romitelli. Car si ses partitions fixent un certain nombre d'éléments, elles ne contiennent pas nécessairement toutes les informations cruciales pour respecter pleinement l'esprit de l'œuvre.

Ce problème apparaît de manière frappante dans les interprétations récentes d'*Index of Metals*, où l'on observe une application rigoureuse de la partition littérale, mais au prix d'une éclipse des propriétés électroacoustiques fondamentales : la saturation, l'espace immersif, le travail sur la distorsion. Cette distanciation entre la lettre du texte et l'esprit sonore original constitue un cas emblématique de la difficulté à transmettre des œuvres issues d'une hybridation esthétique radicale.

Dans cette perspective, il semble nécessaire de souligner que l'étude de Romitelli appelle un renouvellement des approches analytiques. Il ne s'agit pas d'accuser la musicologie d'incompétence, mais de reconnaître que saisir l'œuvre de Romitelli suppose de dépasser les paradigmes hérités de la musique textuelle classique. Comme le défendent Nicolas Moroz[279] et Laura Zattra[280], comprendre les processus compositionnels de Romitelli implique d'analyser à

[279] MOROZ, Nicholas. « Hacking the Hallucinatory: Investigating Fausto Romitelli's Compositional Process through Sketch Studies of "Professor Bad Trip: Lesson I" ». Archival Notes, no 5, 2020, p. 59-84, https://onlinepublishing.cini.it/index.php/arno/article/view/171 (consulté le 22 aout 2022)

[280] ZATTRA, Laura. « The Electroacoustic Music Archives at the Fondazione Giorgio Cini ». *Fondazione Giorgio Cini*, 2021.

la fois ses partitions, ses manipulations électroniques, ses environnements logiciels. La construction de timbres spécifiques à la synthèse instrumentale opérée dans le code LISP et les environnements de CAO, l'utilisation de traitement sonore, la spatialisation du son, nécessitent des outils d'analyse transversaux, capables d'articuler écriture musicale, dispositifs technologiques, et pratiques populaires.

Ainsi, accompagner l'œuvre de Romitelli, c'est aussi chercher à doter la musicologie de nouveaux outils et méthodes d'analyse avec un dialogue critique entre musique contemporaine, culture populaire, et technologies sonores.

7.4.1 Les enjeux d'interprétation dans l'œuvre de Romitelli

Dans le cas de l'œuvre de Fausto Romitelli, on observe un phénomène particulièrement révélateur : malgré la proximité historique de son travail et de nombreux témoins directs encore actifs sur la scène musicale, certaines interprétations récentes de ses œuvres manifestent déjà une dérive notable par rapport à ses intentions initiales. Une rapide écoute de la discographie récente permet d'en mesurer l'écart. Jouer *Professor Bad Trip* ou *Index of Metals* sans intégrer une distorsion pesante, pouvant restituer un certain volume sonore nécessaire à l'espace amplifié et saturé au sein duquel ces œuvres ont été pensées, revient à altérer l'esprit de l'œuvre.

Romitelli n'a pas simplement ajouté des éléments électroniques à une écriture instrumentale traditionnelle ; il a inscrit la saturation, le feedback, la violence des timbres électriques au cœur même de son langage compositionnel. Une exécution qui néglige ces paramètres ne lisse pas seulement la surface sonore : elle neutralise les tensions esthétiques qui structurent l'œuvre — et non pas seulement son écriture. La partition seule ne suffit pas à garantir la transmission de cette énergie brute ; elle devrait pouvoir être comprise et réalisée au sein d'un environnement technique et acoustique cohérent avec l'intention originale.

Selon Nicholas Cook, toute performance musicale constitue une recréation située[281] : elle ne reproduit pas mécaniquement un texte, mais actualise l'œuvre au sein de conventions, de contextes historiques et de pratiques esthétiques spécifiques. L'interprète dispose ainsi d'une marge de liberté, mais cette liberté n'est jamais absolue ; elle s'inscrit dans des cadres de reconnaissances partagées, qui orientent et conditionnent la réception de l'œuvre. Dès lors, appliquer à une pièce comme *Index of Metals* une esthétique interprétative lissée — par exemple en supprimant la distorsion ou en atténuant la spatialisation sonore — revient certes à exercer une liberté interprétative, mais aussi à rompre avec les conditions expressives qui fondaient la spécificité du projet esthétique de Romitelli. Comprendre l'œuvre implique alors d'articuler la liberté interprétative à une conscience critique des conventions sonores et techniques qui rendaient sa radicalité perceptible et signifiante.

[281] COOK, Nicholas. *Beyond the Score: Music as Performance*, Oxford University Press, 2014, p. 5-6 et p. 18-20.

Il est vrai que les œuvres mixtes de Romitelli posent des défis techniques particuliers. Le rapport entre instruments acoustiques amplifiés et guitare électrique saturée est structurellement instable : pour que la guitare exprime pleinement la richesse de ses timbres distordus, un volume sonore élevé est nécessaire. Mais ce volume engendre à son tour larsens, feedbacks et interférences avec les instruments acoustiques, qui ont besoin eux-mêmes d'être sonorisés pour maintenir l'équilibre d'ensemble. La maîtrise de ces équilibres sonores est indissociable d'une compréhension fine des enjeux esthétiques de l'œuvre.

Dès lors, l'interprétation des pièces de Romitelli exige une approche technique, esthétique et critique particulièrement affinée. Il ne s'agit pas seulement de lire la partition, mais de reconstruire activement l'environnement sonore, les gestes techniques, et les dynamiques expressives qui font la force de son écriture. Ces contraintes peuvent être assurées efficacement par les ingénieurs du son qui disposent désormais d'équipements bien plus sophistiqués qu'au début des années 2000, et la spatialisation sonore est une des ressources à engager pour satisfaire les exigences envers l'esthétique de Romitelli, le jeu des interprètes et la réception du public.

Face à ces contraintes spécifiques, la tâche de la musicologie n'est pas de juger des écarts interprétatifs, mais de documenter les conditions performatives originales, de rendre visibles les nécessités techniques sous-jacentes, et de proposer des cadres d'interprétation capables de restituer la puissance sonore, gestuelle et affective propre aux œuvres. Il s'agit ainsi d'accompagner la recréation des œuvres en tenant compte de leur environnement technologique et esthétique, qui paradoxalement ne suppose pas de figer des consignes d'interprétation pour une lecture littérale de la partition.

7.4.2 La dimension électroacoustique et spatiale dans l'œuvre de Romitelli

À titre personnel, c'est l'expérience d'écoute et d'interprétation de *Professor Bad Trip* qui m'a permis de comprendre que l'élément déterminant dans l'impact esthétique de l'œuvre résidait dans sa dimension électroacoustique. Ce n'est pas seulement la partition, mais bien la saturation sonore, le volume massif et l'énergie immersive qui rendaient l'œuvre si marquante. Priver cette pièce de sa matérialité sonore — en réduisant la distorsion, en contrôlant excessivement le mixage pour rendre l'ensemble « équilibré » — revient à altérer profondément l'esprit de l'œuvre.

Dans les tentatives contemporaines de restitution, on observe que, malgré les efforts pour respecter les indications de distorsion, l'esprit original tend à s'estomper. Le souci de lisibilité instrumentale et d'équilibre de mixage conduit souvent à lisser la violence sonore et à neutraliser la radicalité esthétique qui étaient pourtant constitutives du projet de Romitelli.

L'étude approfondie de ses œuvres mixtes montre que la spatialisation du son était une composante essentielle de son écriture. Si les partitions contiennent peu d'instructions précises sur la disposition des haut-parleurs ou des instruments, plusieurs documents permettent d'en inférer l'importance. La bande quadriphonique réalisée avec Laurent Pottier pour *EnTrance* témoigne d'une dynamique spatiale structurée, avec des mouvements sonores destinés à projeter

et déplacer les masses sonores dans l'espace. L'écoute du mixage cinq points d'*Index of Metals* confirme cette orientation : la spatialisation y éclaire la répartition des timbres, et révèle une immersion qui dépasse largement la simple projection stéréo.

Les témoignages de collaborateurs directs, notamment Jean-Luc Plouvier, renforcent cette lecture[282]. Romitelli envisageait, pour *Index of Metals*, un dispositif de 16 enceintes « afin de projeter des échantillons en tous sens, et d'appliquer à chaque instrument de l'ensemble « un traitement en direct […] qui devrait se constituer […] principalement de paradigmes complexes de spatialisation ». Un tel choix indique clairement qu'il ne s'agissait pas de multiplier les sources pour une simple amplification, mais bien de construire une scénographie sonore immersive et dynamique, au cœur même de l'expérience esthétique.

Dans ce contexte, il apparaît que la tâche de la musicologie n'est pas de sanctionner les écarts interprétatifs, mais de documenter précisément les conditions performatives originales, de rendre visibles les nécessités techniques sous-jacentes, et de proposer des cadres d'interprétation capables de restituer la puissance sonore, gestuelle et affective propre aux œuvres. Comprendre Romitelli impose ainsi de dépasser la simple exécution littérale de la partition, pour reconstruire les dispositifs techniques et esthétiques qui animaient son projet créatif.

7.4.3 L'amélioration technique et les limites de l'interprétation sans médiation critique

Aujourd'hui, les techniques de mixage, qu'il s'agisse de l'électroacoustique pure ou de la rencontre entre instruments acoustiques, instruments amplifiés et bandes électroniques, ont connu des progrès considérables. Depuis les années 2000, la qualité du matériel, la précision des outils de spatialisation, et la souplesse des systèmes de diffusion sonore permettent de résoudre beaucoup plus facilement les problèmes d'équilibre et d'interaction sonore qui posaient difficulté à l'époque de la création de *Professor Bad Trip*.

Pour autant, cette évolution technologique ne garantit pas à elle seule la fidélité à l'esprit esthétique de l'œuvre. Sans documentation claire et spécifique sur la conception de l'espace sonore — documentation qui préciserait non seulement des paramètres techniques, mais aussi des intentions esthétiques — l'œuvre risque d'être interprétée de manière strictement littérale, selon les seules indications portées sur la partition.

Or la pratique musicale, même dans ses formes savantes, repose sur une tradition d'interprétation où la partition constitue un socle, mais où l'ensemble du contexte culturel, historique et esthétique influe profondément sur la performance. En l'absence de médiation critique explicite, les interprètes, même bien intentionnés, tendront à se concentrer sur l'exécution du texte musical, mettant en avant ce qui est immédiatement perceptible ou lisible, sans nécessairement

[282] PLOUVIER, Jean-Luc. « Chute libre : souvenirs et remarques sur mon travail avec Fausto Romitelli », *Circuit*, vol. 24, no 3, 2014, p. 21-35. https://doi.org/10.7202/1027608ar

restituer la dimension immersive, saturée et dynamique que Romitelli avait conçue comme constitutive de ses œuvres.

Il ne s'agit pas de remettre en cause leur compétence ni leur engagement, mais de constater que sans transmission explicite de ces enjeux performatifs, la tradition musicale ordinaire reconduit naturellement une lecture partielle de l'œuvre. C'est pourquoi la documentation des processus créatifs, des dispositifs de spatialisation et des choix esthétiques associés s'impose aujourd'hui comme une nécessité pour accompagner et prolonger la vitalité de ce répertoire.

7.4.4 L'interprétation littérale et la nécessité d'une référence critique pour *Index of Metals*

L'interprétation d'*Index of Metals* par Fiona Monbet illustre de manière exemplaire les tensions évoquées précédemment. Sur le plan technique, l'exécution est irréprochable : le mixage rend lisibles les pupitres, l'équilibre sonore est soigné, et l'engagement interprétatif est évident. Cependant, à l'écoute, une dimension essentielle semble manquer : la dimension électro-acoustique, notamment dans le traitement de la voix, apparaît comme atténuée.

La partition prévoit l'utilisation d'un mégaphone, dispositif effectivement respecté. Toutefois, aucune autre transformation électro-acoustique de la voix n'est spécifiée. Dès lors, l'interprétation respecte scrupuleusement le contrat textuel, mais laisse de côté l'esprit de saturation, de transformation et de spatialisation que Romitelli semblait viser dans l'ensemble de son projet esthétique.

Il ne s'agit nullement de reprocher aux interprètes un défaut d'engagement ou d'intégrité : la partition est honorée dans ses termes. Le problème tient à l'absence de médiation critique disponible pour accompagner l'œuvre. Sans documentation explicite des intentions performatives — et en particulier de la dimension électro-acoustique et spatiale — l'œuvre risque d'être reçue et interprétée de manière strictement littérale, au détriment de sa dynamique esthétique originelle.

Aujourd'hui, la qualité des outils de mixage, de spatialisation et de diffusion sonore permettrait théoriquement de restituer beaucoup plus fidèlement les complexités sonores visées par Romitelli. Pourtant, en l'absence de notes d'exécution précises ou de documentation critique consolidée, les interprètes se trouvent réduits à une lecture du texte, sans nécessairement percevoir la nécessité de reconstituer l'univers électro-acoustique implicite de l'œuvre. Ce constat révèle une responsabilité collective, qui engage aussi bien les éditeurs que les institutions et la recherche musicologique.

Dans ce contexte, il est fondamental de rappeler que la version éditée en 5,1 d'*Index of Metals* constitue un jalon critique essentiel. Réalisée avec une attention particulière portée à la dynamique spatiale et à la matérialité sonore, elle respecte pleinement les intentions du compositeur. Cette version ne doit pas être sanctuarisée comme modèle absolu, mais elle peut être considérée

comme une référence essentielle : un point de passage obligé pour toute ré-interprétation sérieuse. L'enjeu n'est pas de reproduire mécaniquement cette version, mais de la traverser, de s'en imprégner pleinement pour mieux comprendre les choix esthétiques de Romitelli avant de chercher à les prolonger, les déplacer, ou les réinventer.

En annexe, une étude comparative met en évidence les divergences entre les choix d'interprétation et de mixage observées dans différentes versions disponibles de *Index of Metals*, notamment entre l'enregistrement de l'ensemble Ictus et celui de Fiona Monbet. Cette analyse vise à documenter de manière précise les écarts interprétatifs et à mieux comprendre la manière dont se manifeste, dans l'exécution contemporaine de l'œuvre, la tension entre fidélité au texte et restitution de l'esprit créatif qui l'animait.

Chapitre 8 Dans le code de Romitelli

> Il n'est pas possible d'exprimer quelque chose de nouveau avec des mots éculés […] un message esthétique exprimé avec des clichés linguistiques n'a aucune valeur en musique (au-delà de celle d'un simple passe-temps).

Fausto Romitelli, In : ARBO, *Le corps électrique*, 2005, p. 131.

> Les nouvelles technologies ont bouleversé les bases de la pensée musicale : elles sont le point d'arrivée d'un long processus vers la maîtrise absolue du son et l'émancipation du bruit. Si la fabrication et la pratique des instruments de l'orchestre se sont développées dans la nécessité de rendre le son le plus harmonieux possible et de réduire au minimum les composantes du bruit, les nouvelles technologies ont ouvert en revanche les portes de la perception à l'univers inharmonique et nous ont fourni les instruments pour explorer ce monde inouï. Les techniques n'ont pas engendré un nouveau langage, mais elles ont suggéré aux compositeurs de nouvelles interprétations d'un même principe : composer le « son » plutôt qu'« avec le son ». Le problème principal est celui de personnaliser l'usage des machines, c'est-à-dire de l'adapter à ses propres besoins créatifs afin que ceux-ci ne deviennent pas un instrument ultérieur d'homologation imposant des sonorités et des traitements standardisés.

Fausto Romitelli, In : ARBO, *Le corps électrique*, 2005, p. 132[283].

8.1 Introduction

Si l'on considère *EnTrance* (1996) comme un jalon significatif dans la carrière de Fausto Romitelli, situé entre ses années d'expérimentation et sa période de pleine maturité créative, on peut, pour caractériser son œuvre, s'appuyer sur les arguments qu'il a lui-même formulés dans la note de programme de la pièce. Celle-ci s'organise autour d'une tension fondamentale, qu'il décrit comme une contradiction essentielle au cœur de sa démarche : l'élaboration de processus formels et harmoniques par ordinateur, mise au service de la recherche d'une « présence sonore, immobile et continue, hypnotique », qui renonce à toute finalité discursive ou dialectique[284].

Ce chapitre propose de démontrer que cette apparente contradiction n'est pas un paradoxe, mais le moteur même de son projet créatif. L'analyse de ses archives numériques, et plus particulièrement de sa bibliothèque de fonctions Lisp[285], révèle que l'outil computationnel n'est

[283] ARBO, Alessandro, *Le corps électrique, Voyage dans le son de Fausto Romitelli*, l'Harmattan, 2005

[284] ROMITELLI, Fausto. Note de programme pour *EnTrance*, 1996, https://brahms.ircam.fr/fr/work/entrance (consulté le 20 aout 2025)

[285] Lisp, créé en 1958 par John McCarthy pour l'intelligence artificielle, est un langage de programmation symbolique fondé sur des structures récursives de listes. Sa flexibilité a trouvé un écho particulier en musique informatique, où il a été mobilisé dès les années 1970 pour la composition algorithmique et la manipulation de données musicales. C'est dans ce cadre qu'ont été conçus à l'IRCAM les environnements PatchWork (1989–1999), développé sur Macintosh Common Lisp, puis OpenMusic (depuis 1997), héritier direct qui poursuit l'articulation entre langage Lisp, structures symboliques et représentation graphique de la partition.

pas un simple support technique, mais le lieu même où ce conflit esthétique se résout. Loin de viser à une rationalisation du geste compositionnel, l'ordinateur est mobilisé pour sculpter une matière sonore dont la complexité est entièrement reportée sur sa microstructure. Ce faisant, la forme à grande échelle est libérée des contraintes narratives traditionnelles, lui permettant d'atteindre cet état de stase hypnotique recherché par le compositeur.

Cette approche singulière place Romitelli à la croisée de plusieurs héritages majeurs. D'une part, il assimile la logique combinatoire de son maître Franco Donatoni, non pas comme un système de génération de hauteurs, mais comme une méthode d'agencement de processus[286]. D'autre part, il s'immerge dans le paradigme spectral français à l'IRCAM, qui est justement marqué par l'approche processuelle de la composition, mais qu'il s'approprie pleinement pour mieux la subvertir dans une hybridation avec l'énergie et la matérialité sonore du rock et de l'electronica[287]. Sa conception du son comme une matière dans laquelle on plonge pour en forger les caractéristiques physiques et perceptives — grain, épaisseur, porosité, brillance — témoigne de cette volonté de sculpture, d'anamorphose et de distorsion, où l'écriture musicale et la synthèse instrumentale s'inspire totalement des technologies électroacoustiques, électronique et numérique[288].

L'objectif de ce chapitre est donc de prouver, par une analyse granulaire de son atelier numérique, que la pratique computationnelle de Romitelli — son geste de « composer *dans* le code » et non simplement *avec* le code — a été l'un des catalyseurs directs et indispensables de son esthétique. En examinant la matérialité de ses outils, la logique de ses algorithmes et les implications esthétiques de ses choix techniques, il devient possible de comprendre comment la machine, loin d'imposer une logique formelle rigide, est devenue pour Romitelli le partenaire d'un processus créatif visant à saturer la perception et à altérer les paramètres sensoriels habituels.

8.2 Archéologie d'une pratique : l'environnement de composition comme archive active

8.2.1 Reconstitution de l'atelier numérique

Pour appréhender la genèse de l'écriture électronique de Romitelli, il est impératif de reconstituer la réalité matérielle de son environnement de travail dans les années 1990. Cet atelier n'était pas un espace abstrait de calcul, mais un écosystème tangible, contraint et en constante évolution. Au centre de cet atelier se trouvait un artefact physique : son ordinateur personnel, un Macintosh Classic, qu'il aurait acheté à son arrivée à l'IRCAM en 1991 et probablement

[286] OLTO, Alessandro. *EnTrance. Spettralismo e composizione assistita all'elaboratore in Fausto Romitelli*, Thèse de doctorat, Udine, 2017. https://air.uniud.it/handle/11390/1132155#.YYKwAlPSIWo (consulté le 20 aout 2025)

[287] Par exemple l'artiste Aphex Twin ou le duo de Pansonic dont la musique sera intégré dans l'opéra vidéo *Index of Metals* de Romitelli.

[288] MANFRIN, Luigi. *Fausto Romitelli / Professor Bad Trip*, Genève, Contrechamps, 2024, 283 p.

utilisé jusqu'en 2001[289]. Ce contexte matériel a circonscrit les logiciels et les résultats qu'il pouvait en attendre. Les outils centraux de sa pratique étaient un environnement de programmation en Common Lisp intégré au logiciel PatchWork[290], une interface de programmation visuelle qui préfigure OpenMusic[291]. Parallèlement, Romitelli utilisait le programme Csound comme moteur de synthèse sonore, et une part importante de sa bibliothèque Lisp était spécifiquement conçue pour générer les fichiers de partition (.sco) nécessaires à son fonctionnement.

L'organisation de ses fichiers numériques, telle qu'analysée par Laura Zattra à partir de l'ordinateur conservé à la Fondation Cini, est révélatrice de sa méthode de travail. Un dossier unique, nommé « Fausto3 », contient l'ensemble de ses documents, présentant une « organisation inégale » qui fait écho à l'« activité trépidante » visible dans ses esquisses manuscrites[292]. Cette apparente désorganisation ne doit pas être interprétée comme une négligence, mais comme le reflet d'une stratégie compositionnelle spécifique : plutôt qu'un classement par projet ou par œuvre, Romitelli a constitué au fil du temps une sorte de boîte à outils qu'il pouvait mobiliser et réutiliser à travers différentes pièces[293].

8.2.2 Les défis de l'archéologie logicielle

Accéder à cet atelier constitue aujourd'hui un défi méthodologique majeur. L'obsolescence matérielle et logicielle est le premier obstacle. La transition technologique des processeurs Motorola 68k vers les PowerPC au milieu des années 1990 a créé des ruptures de compatibilité, rendant certaines bibliothèques, comme PW-chant, inutilisables sur les nouvelles architectures. Les tentatives de réactivation de ces anciens systèmes par émulation ou virtualisation ne sont que partiellement satisfaisantes, les logiciels émulés semblent produire des résultats de calcul non fiables, probablement en raison de l'absence d'accélérations matérielles spécifiques aux processeurs d'origine. La solution la plus robuste s'est avérée être le portage du code Lisp et la recréation manuelle des patchs dans un environnement moderne et rétro compatible comme OpenMusic. Cependant, même sans tentative de re-générer des calculs, la virtualisation demeure pertinente pour visualiser le contenu des fichiers dans Patchwork, l'organisation des patchs et les fonctions utilisées étant une précieuse source d'information sur l'utilisation qu'a pu en faire leur auteur.

Cette démarche de réactivation s'inscrit dans le champ de l'archéologie logicielle ou l'on considérera ces fichiers non comme de simples documents, mais comme des « archives actives ». Ces archives ne témoignent pas seulement d'un résultat final, mais portent en elles les traces

---

[289] ZATTRA, Laura. « The Electroacoustic Music Archives at the Fondazione Giorgio Cini : A Review of the Camillo Togni, Fausto Romitelli and Giacomo Manzoni Collections », *Archival Notes*, No. 6, 2021 https://onlinepublishing.cini.it/index.php/arno/article/view/193 (consulté le 20 aout 2025)

[290] IRCAM. *Rapport d'activité 1993*. Paris : Ircam, 1993, p. 46.

[291] POTTIER, Laurent. *Le contrôle de la synthèse sonore informatique - Cas particulier : l'utilisation du programme PatchWork*. Thèse de doctorat, EHESS, Paris, 2001.

[292] Zattra, Laura. *op. cit.*

[293] *Ibid.*

du processus créatif : les essais, les erreurs, les bifurcations. Le formatage même des fichiers *.pw de PatchWork, linéaire et peu indenté (figure 28), peut être interprété comme un enregistrement chronologique de la construction du patch, offrant une « lecture diachronique » du cheminement de la pensée du compositeur. Cette approche, qui s'inspire de méthodologies issues de l'archéologie logicielle et médiatique, permet de transformer des archives initialement opaques en un corpus intelligible, révélant la dramaturgie algorithmique à l'œuvre. Nous n'avons pas exploré les archives dans cette voie mais cette démarche semble intéressante pour des investigations à venir.

```
in-package : pw)(make-win 'c-pw-window "spdistor" 2490418 40436557 (list (make-instance
'c-patch : view-position 34275360 : view-size 2228308 :active-mode nil : pw-function
'spdata::distnsp :type-list 'nil : view-subviews (list (make-instance 'c-ttybox
:view-position 327685 : view-size 917540 :dialog-item-text "0" : doc-string "spdata" :
type-list 'nil) (make-instance 'c-ttybox :view-position 327723 : view-size 917540
:dialog-item-text "0.93" : doc-string "dist" : type-list 'nil))) (sbox 'c-patch 'get-slot
"get-slot" nil 8061236 (list "()" "spdata")) (sbox 'c-patch-buffer 'c-patch-buffer :
buffer "buffer" nil 4915423 '(0) 2228270) (sbox 'c-enum-collect-source 'enum "enum" nil
10944775 (list "(1 2)")) (make-instance 'c-patch : view-position 17367364 : view-size
2228308 :active-mode nil : pw-function 'spdata::distnsp :type-list 'nil : view-subviews (
list (make-instance 'c-ttybox :view-position 327685 : view-size 917540 :dialog-item-text
"0" : doc-string "spdata" : type-list 'nil) (make-instance 'c-ttybox :view-position 327723
: view-size 917540 :dialog-item-text "1.15" : doc-string "dist" : type-list 'nil))) (sbox
'c-pw-resize-x 'const "const" nil 32702784 (list "\"root:cellodisp.sco\"") 2228321) (sbox
'c-patch-buffer 'c-patch-buffer : buffer "buffer" nil 31785196 '(0) 2228270) (sbox
'c-patch 'user-comp-abstr : : |sp-frams| "sp-frams" nil 9765059 (list "nil")) (sbox
'c-patch 'spdata:addsyn-write "addsyn-write" nil 35782886 (list "nil" "()")) (sbox
'c-enum-collect-source 'enum "enum" nil 14680473 (list "(1 2)")) (sbox 'c-pw-functional
'spdata:addsyn-read "addsyn-read" nil 2097342 (list "nil" 0)) (sbox 'c-patch
'spdata:mk-spdata-seq "mk-spdata-seq" nil 28770479 (list "nil" "()")) (sbox 'c-pw-resize-x
'last-elem "last-elem" nil 12779631 (list "(1 2)") 2228270) (sbox 'c-patch 'posn-match
"posn-match" nil 21168181 (list "(1 2)" 30)) (abst 'c-abstract-m
'user-abstraction::csnd-write870 "csnd-write" nil 35651909 (list "nil" "nil")
'((common-lisp-user::object spdata:spdata (:view-size 917540 :doc-string "spdata" : value
'nil : dialog-item-text "()" : type-list (spdata:spdata list))) (
common-lisp-user::filename list (:view-size 917540 :doc-string "lst" : value 'nil :
dialog-item-text "(1 2)" : type-list '(string)))) 'nil
```

Figure 28 : Extrait d'un code d'un patch PW sous forme brut. Source : Romitelli PW Entrance, archive Pottier

```
(in-package : pw)
(make-win 'c-pw-window "spdistor" 2490418 40436557
 (list
        (make-instance 'c-patch
        :view-position 34275360
        :view-size 2228308
        :active-mode nil
        :pw-function 'spdata::distnsp
        :type-list 'nil
        :view-subviews
        (list
        (make-instance 'c-ttybox
        :view-position 327685
        :view-size 917540
        :dialog-item-text "0"
        :doc-string "spdata"
        :type-list 'nil)
        (make-instance 'c-ttybox
        :view-position 327723
        :view-size 917540
        :dialog-item-text "0.93"
        :doc-string "dist"
        :type-list 'nil)))
        (sbox 'c-patch 'get-slot "get-slot" nil 8061236 (list "()" "spdata"))
        (sbox 'c-patch-buffer 'c-patch-buffer : buffer "buffer" nil 4915423 '(0) 2228270)
        (sbox 'c-enum-collect-source 'enum "enum" nil 10944775 (list "(1 2)"))

 etc...
```

Figure 29 : Extrait du même code formaté avec une indentation qui permet une lecture plus confortable. Source : Maxence Mercier, lispdev_2025

Historiquement, les environnements Lisp des années 1960 à 1980 présentaient des codes source peu ou pas indentés, en grande partie en raison des contraintes techniques de l'époque. Les

interfaces d'édition étaient rudimentaires, basées sur des terminaux texte simples qui ne proposaient pas de fonctionnalités d'indentation automatique. La syntaxe lisible par la machine reposait essentiellement sur la bonne correspondance des parenthèses, tandis que la lisibilité humaine n'était pas prioritaire. Ce n'est qu'avec l'émergence d'éditeurs dédiés tels qu'Emacs, dans les années 1970 et 1980, que la mise en forme soignée et l'indentation automatique sont devenues plus répandues (figure 29). Ce style linéaire et peu indenté se retrouve donc dans les fichiers générés par PatchWork, héritage de ces usages historiques où la simplicité d'analyse par la machine primait sur la clarté immédiate pour le programmeur. Aujourd'hui encore, cette approche minimaliste trouve des échos dans certains contextes informatiques, notamment en JavaScript, où la compacité et la rapidité de lecture justifient parfois un formatage condensé.

Au début des années 1990, l'usage courant des disquettes 3,5 pouces (de capacité typique 1,44 Mo) pour stocker et charger des logiciels comme PatchWork impliquait des temps d'accès et de chargement relativement longs par rapport aux standards actuels. En pratique, le transfert de fichiers de taille modeste (quelques centaines de kilo-octets à 1 Mo) pouvait prendre entre 20 secondes et plusieurs minutes selon la taille et la fragmentation des données.

Par exemple, un fichier de 500 Ko chargé depuis une disquette pouvait nécessiter environ 30 à 60 secondes, voire davantage si la disquette était usée ou si le lecteur devait effectuer plusieurs repositionnements de la tête de lecture. Ces temps de chargement importants incitaient à privilégier des formats de fichiers aussi compacts et simples que possible, afin de minimiser la durée de lecture et d'écriture, optimisant ainsi l'expérience utilisateur malgré les contraintes matérielles.

Ces impératifs techniques expliquent en partie pourquoi des environnements comme PatchWork optaient pour des fichiers linéaires et peu indentés, facilitant un traitement rapide sans surcharge liée à une syntaxe trop verbeuse ou complexe.

Avec l'avènement des disques durs, dès la fin des années 1980 et surtout dans les années 1990, la contrainte liée à la lenteur de lecture des fichiers s'est fortement atténuée. Les disques durs offraient des temps d'accès beaucoup plus rapides, des débits supérieurs, et une meilleure fiabilité, comparés aux disquettes.

Cette amélioration technique a permis une plus grande souplesse dans la structuration des fichiers, rendant moins impératif le recours à des formats strictement linéaires et peu indentés. Cependant, dans certains contextes, pour garantir la compatibilité avec des systèmes limités ou pour simplifier le parsing dans des environnements contraints, le formatage minimaliste est resté une pratique courante, que l'on retrouve encore dans les fichiers de patch créés avec OpenMusic.

8.2.2 PatchWork : l'écriture visuelle comme médiateur

L'interface de PatchWork[294] a joué un rôle fondamental en servant de pont entre l'abstraction du code Lisp et la manipulation sensorielle des matériaux sonores. Pour Romitelli, le passage de la programmation textuelle à l'environnement graphique n'était pas une simple question d'ergonomie, mais un véritable changement de paradigme. Cet environnement visuel lui permettait de représenter les processus sous forme de réseaux de modules connectés, transformant le patch en un « carnet de laboratoire » où chaque boîte, chaque connexion, chaque modification devenait un « geste compositionnel » à part entière. Cette approche était particulièrement adaptée à un compositeur doté d'une forte sensibilité graphique, comme le rapporte Laurent Pottier, qui a observé Romitelli utiliser des dessins et des courbes pour esquisser des enveloppes sonores et des trajectoires formelles. Le patch devenait ainsi un espace de travail, une partition provisoire et un lieu d'expérimentation où la visualisation du processus favorisait l'émergence de relations inédites entre les structures et les matériaux.

Le développement par Romitelli de sa propre bibliothèque Lisp, alors même qu'il était compositeur en recherche à l'IRCAM, doit être interprété comme un acte délibéré d'indépendance esthétique. Il a adopté le paradigme technologique de l'institution — la CAO, le langage Lisp — mais a visiblement écarté les implémentations esthétiques spécifiques de ses pairs du courant spectral, telles que la bibliothèque Esquisse[295]. L'étude du code confirme qu'il n'utilise pas une seule ligne issue de la librairie OpenMusic/PWGL utilisée par de nombreux compositeurs spectraux à l'Ircam. Ses méthodes sont indépendantes de celles développées pour Esquisse — bien qu'elles en partagent quelques principes. Cette autonomie s'explique par des objectifs esthétiques qui consistent à aborder les opérations spectrales comme un moyen d'altérer le matériau musical, plutôt que de viser une modélisation instrumentale, à la manière des ambitions plus sobres de compositeurs comme Murail ou Grisey, notamment dans leur rapport au bruit. La création de sa propre bibliothèque n'était donc pas un simple choix technique, mais une nécessité esthétique : il lui fallait forger ses propres outils pour sculpter son propre son. Le code Lisp constitue ainsi une trace tangible de son projet visant à détourner le paradigme spectral de l'intérieur, en utilisant ses propres méthodes pour atteindre un résultat radicalement différent.

---

[294] Au cours des années 1990, l'Ircam a développé plusieurs environnements informatiques destinés à la composition musicale, parmi lesquels Patchwork et OpenMusic. Patchwork se présente comme un système de programmation visuelle permettant de manipuler graphiquement des objets, et constitue une interface graphique pour le langage Common Lisp (et CLOS) sur lequel il repose. OpenMusic prolonge les possibilités de Patchwork en introduisant de nouvelles fonctionnalités et une meilleure gestion des grands ensembles de données avec notamment l'outil maquette. OpenMusic est la deuxième génération de logiciel pour la composition assistée par ordinateur créée à l'Ircam.

[295] FINEBERG Joshua, MURAIL Tristan, CURTIS Road, Manual of Esquisses, Forum Ircam, 1994, https://support.ircam.fr/docs/om-libraries/old/PW-Esquisse.pdf (consulté le 22 aout 2025)

8.3 Anatomie d'un langage formel : la librairie lispdef.lisp

8.3.1 Typologie des fonctions : une boîte à outils compositionnelle

L'analyse de la bibliothèque « lispdef.lisp[296]» révèle une pensée compositionnelle hautement structurée. Loin d'être une collection hétéroclite de scripts, les fonctions s'organisent en un système cohérent, une véritable boîte à outils articulée autour de tâches compositionnelles spécifiques. Une classification fonctionnelle permet de cartographier cette architecture et de faire correspondre la structure du code aux intentions musicales de Romitelli. Le tableau suivant propose une typologie de ces fonctions, regroupées en quatre catégories opérationnelles qui reflètent un flux de travail complet, de la génération du matériau brut à son exportation pour la synthèse sonore. Une liste plus complète des fonctions de Romitelli est disponible en annexe. Ici la liste des fonctions est illustrative, seules quelques fonctions les plus évidentes sont reportées dans le tableau 5.

Catégorie Opérationnelle	**Nom de la Fonction**	**Rôle Principal & Description**	**Usage Compositionnel**
Génération de matériau spectral	dist, distplus	Création de compression ou d'extension d'accords basés sur la distorsion d'une série harmonique.	Création d'accords passant par différents états d'harmonicité ou d'inharmonicité.
	fm, fmr, fmspectrum	Génération de spectres complexes par simulation de la synthèse par modulation de fréquence (FM).	Enrichissement de la palette timbrale avec des sons typiques de la synthèse FM, exemple : percussion de type cloche. (inharmonique)
Définition de trajectoires & morphologies	interp, jinterp, pline	Interpolation entre des valeurs ou des listes pour créer des transitions et des enveloppes temporelles.	Modelage des dynamiques, des glissandi de paramètres, et des transformations progressives du matériau. On retrouvera en 1999 ces fonctions généralisées dans la librairie *Profile* de Mikhail Malt et Jacoppo Baboni[297]
	superenv, iperenv	Création d'enveloppes complexes et hiérarchiques.	Contrôle fin de l'évolution de multiples paramètres sonores (filtrage, amplitude) au cours du temps. destiné au score Csound

[296] Luca Cossettini et Alexandre Olto ont proposé des analyses partielles des fonctions développées par Romitelli. Leurs travaux se sont concentrés sur la préparation de séquences pour Csound à partir de Patchwork. Les aspects génératifs des fonctions LISP du compositeur y sont mentionnés sans être développés. La thèse d'Olto inclut dans ses annexes l'ensemble des codes disponibles, notamment Lispdev et WORKLISP, issu des archives de Pottier. Une partie de ce matériau est également documentée dans : COSSETTINI, Luca. 2021. « The Quest for Myriad Strains », *De Musica*, vol. 25, no 1, 2021. https://doi.org/10.54103/2465-0137/16865 Dans les annexes numériques que nous présentons pour cette thèse, nous proposons une version de lispdef_2025 adaptée pour fonctionner directement dans l'environnement OpenMusic.

[297] MIKHAIL, Malt, et BABONI SCHILINGI, Jacopo. « Profile libreria per il controllo del profilo melodico », *Colloquio di Informatica Musicale (XI CIM),* Nov 1995, Bologne, Italy. p.237-238. ⟨hal-01580309⟩ et MALT M. and BABONI SCHILINGI, J., *Manual of Profile, Library for the Control of Melodic Profiles, second edition,* Forum Ircam, 1998. https://support.ircam.fr/docs/om-libraries/old/Profile-2.0-Doc.pdf (consulté le 22 aout 2025)

Recherche & filtrage par contrainte	HH, HHfond, HHratio	Fonction principale de recherche. Trouve les paramètres de distorsion/FM qui permettent d'intégrer un accord cible (listi) dans un spectre généré.	Mécanisme central de fusion harmonique/inharmonique. Sélection d'accords cibles par proximité avec un réservoir génératif (bien souvent une liste d'accords générés par la fonction dist)
	goback	Générateur itératif de spectres à coefficients de distorsion décroissants.	Création de « l'espace de recherche », le réservoir génératif pour la fonction HH ; un continuum de textures spectrales potentielles.
	brr, brr2, gogo, findcoeff	Fonctions internes de HH. Valident la présence des notes d'un accord dans un spectre avec une tolérance de +/— un demi-ton.	Le mécanisme de filtrage précis qui opère la sélection. Le cœur de la « contrainte » affiné généralement au ¼ de ton.
	YY1, YY2, cherche-int	Recherche et filtrage de spectres basés sur la présence d'intervalles spécifiques.	Fonctions de filtrage alternatives, potentiellement pour des contraintes plus abstraites ou sérielles.
	densifier, alldensifier	Ajout de fréquences à un spectre pour augmenter sa densité ou y insérer des intervalles cibles.	Outils de « sculpture » spectrale, permettant d'enrichir ou de modifier la texture d'un son existant. On retrouve ce principe dans la bibliothèque Tristan.
Export & interface de synthèse	sco, scoreson	Génération de fichiers de partition (.sco) pour le moteur de synthèse Csound.	Traduction des structures de données symboliques (listes de fréquences, enveloppes) en événements sonores concrets.
	chhcopy, SScopy	Formatage de listes pour des enveloppes Csound (type linseg).	Préparation des données de contrôle temporel pour la synthèse.

Tableau 5 : extrait d'une sélection de fonctions du code Lisp de Romitelli

8.2.2 Au cœur du réacteur : le système HH comme moteur de fusion

Au centre de l'atelier algorithmique de Romitelli se trouve un dispositif particulièrement révélateur de sa démarche : le système de fonctions articulé autour de la fonction principale HH. Aucun élément ne permet de définir le choix de cette dénomination. Sans définition, je prends la liberté de lui attribuer le doux nom de *Heuristic Harmonic*.

Cet ensemble constitue le moteur de sa stratégie de fusion entre l'harmonique et l'inharmonique, et son analyse détaillée est essentielle pour comprendre la logique profonde de son écriture. Le processus orchestré par cette fonction HH peut être décomposé en trois étapes distinctes (figure 30).

La première étape est celle de la génération brute. Le système commence par créer un vaste réservoir de matière sonore inharmonique. La fonction dist est le générateur élémentaire : elle produit un spectre unique à partir d'une fréquence fondamentale, d'un nombre de partiels et d'un coefficient de distorsion, selon la formule $f_n = f_0 \times (n+1)^d$. Lorsque le coefficient d

est égal à 1, on obtient la série harmonique classique. Pour toute autre valeur, le spectre devient inharmonique, comprimé (0<d<1) ou étiré (d>1). La fonction goback automatise ce processus en appelant dist de manière itérative, tout en décrémentant le coefficient de distorsion par pas de 0,05 à chaque appel. Le résultat est une liste de dizaines de spectres qui forment un continuum de textures, allant du très distordu et bruiteux au quasi-harmonique.

La deuxième étape est celle du filtrage par contrainte. Le compositeur définit un accord cible, une structure harmonique claire (par exemple, un accord de trois sons), sous la forme d'une liste de fréquences (listi). Le système va alors confronter cet accord à chaque spectre généré lors de la première étape. Pour chaque spectre du réservoir, les fonctions internes brr et brr2 vérifient si *toutes* les notes de l'accord cible sont présentes parmi les partiels du spectre. Cette vérification s'opère avec une marge de tolérance, définie dans la fonction brr comme un intervalle d'un demi-ton centré autour de chaque partiel (c'est-à-dire +/— 50 cents, via les multiplicateurs 1.059463 et 0.94388636). Les fonctions gogo et findcoeff orchestrent cette validation pour l'ensemble des spectres.

La troisième et dernière étape est la sélection. La fonction HH pilote l'ensemble du processus et, grâce à la fonction (remove nil), ne retourne que la liste des spectres qui ont satisfait la contrainte de filtrage. Le compositeur ne se voit donc pas présenter le chaos initial, mais une sélection restreinte et pertinente de matériaux sonores hybrides : des spectres inharmoniques qui contiennent, en leur sein, l'empreinte de l'accord harmonique cible.

Ce processus révèle une inversion fondamentale de la logique compositionnelle traditionnelle. L'harmonie classique, incarnée par l'accord cible, ne fonctionne pas comme un principe de construction *a priori* à partir duquel la complexité est élaborée. Elle agit au contraire comme un filtre résonant *a posteriori*. Le point de départ est un réservoir sonore complexe et « sale », généré par dist et goback. L'objectif, tel que Romitelli se l'impose, est de trouver des structures harmoniques parfaitement analysables au sein de cet espace outrancier. Le processus ne part pas de l'accord pour le complexifier ; il part de la complexité pour y *retrouver* l'accord. L'harmonie n'est plus la source, mais l'outil de navigation et de sélection. La métaphore du filtre résonant est ici particulièrement juste : de la même manière qu'un filtre physique ne laisse passer que certaines fréquences d'un signal bruité, l'accord-cible de Romitelli ne laisse « passer » que les spectres inharmoniques qui « résonnent » avec sa propre structure interne.

```
HH
│
├─ findcoeff
│    └─ gogo
│          └─ brr2
│                └─ brr
├─ goback
└─ dist (appelé dans goback)
```

Figure 30 : Diagramme de dépendances de la fonction HH dans le fichier lispdef de Romitelli, À noter que, parmi l'ensemble des fonctions présentées dans la librairie, HH est la seule dont l'intitulé apparaît en majuscules. Source : Maxence Mercier (2025) d'après le code source de Romitelli.

La fonction HH prend un accord cible (listi) et utilise goback pour générer le réservoir spectral, puis findcoeff pour y rechercher des correspondances. Elle ne retourne que les spectres « compatibles ». Ce processus révèle une inversion fondamentale de la logique compositionnelle. La composition traditionnelle part souvent d'une structure harmonique pour la complexifier. Chez Romitelli, le processus commence par la génération d'un vaste champ de « chaos » spectral. L'accord harmonique n'est introduit qu'ensuite, non comme point de départ, mais comme critère de sélection. L'harmonie agit donc comme un « filtre résonant » qui navigue dans la complexité pour en extraire des moments de pertinence. L'harmonie ne génère pas le timbre ; elle le révèle à l'intérieur d'un réservoir spectral, fondant ainsi l'esthétique de la « synthèse instrumentale » qui consiste à trouver des structures harmoniques au sein d'un espace potentiellement inharmonique. Il s'agit là d'une des chimères sur lequel le compositeur pourra broder son écriture.

8.4 La micro-structure du son : précision numérique et incidence esthétique

8.4.1 La divergence des calculs : PatchWork vs. OpenMusic

La réactivation du code de Romitelli dans un environnement moderne a mis en lumière un aspect technique crucial, souvent négligé car discret pour le compositeur, mais dont l'incidence esthétique est réelle : la précision numérique des calculs. Les premiers essais de portage des algorithmes de l'environnement émulé de PatchWork vers OpenMusic ont révélé des divergences de résultats relativement importantes, au point que les solutions générées n'avaient plus de rapport ni sur le plan spectral, ni sur le plan harmonique. L'origine de cet écart a été identifiée dans la gestion des nombres à virgule flottante. Les systèmes informatiques des années 1990, sur lesquels tournait PatchWork, effectuaient des calculs avec une précision correspondant au format single-float (32 bits). Les environnements contemporains comme OpenMusic peuvent être configurés pour utiliser une précision bien supérieure, dite double-float (64 bits).

Le problème ne réside pas dans l'erreur d'une seule opération, qui est infime, mais dans l'accumulation des approximations d'arrondi au fil de processus itératifs. Des fonctions comme goback, qui effectuent des dizaines de calculs successifs pour générer la liste des spectres, sont particulièrement sensibles à ce phénomène. Une micro-dérive, multipliée à chaque étape, peut finir par franchir un seuil critique et altérer significativement le résultat final.

8.4.2 Étude de cas : la sensibilité du filtre brr

La fonction brr offre un exemple concret et saisissant de l'impact de cette divergence numérique sur la logique même des algorithmes de Romitelli. Cette fonction opère un test binaire :

une fréquence candidate est soit acceptée (si elle se trouve dans la fenêtre de tolérance de +/— 1 demi-ton autour d'un partiel), soit rejetée. Il n'existe pas de zone grise ou purgatoire.. Or, une dérive cumulée due aux arrondis en single-float, même de l'ordre de 1 cent (un centième de demi-ton), peut suffire à déplacer la valeur d'une fréquence calculée juste de l'autre côté de la borne de l'intervalle de tolérance.

Cette situation a pour conséquence d'inverser la décision du filtre : une note qui aurait dû être validée est rejetée, et l'accord cible n'est donc pas reconnu dans le spectre testé. Ce phénomène devient particulièrement problématique dans trois contextes compositionnels :

Les boucles longues **:** Dans des processus itératifs comme ceux de goback, les erreurs s'accumulent et la probabilité de franchir un seuil augmente avec le nombre d'itérations.

La micro-tonalité **:** Lorsque le compositeur décide de resserrer la fenêtre de tolérance de brr pour travailler avec des quarts de ton (+/— 25 cents), une erreur de 1 cent représente 4 % de la marge, rendant les calculs en single-float inadaptés.

Les fréquences basses : Dans le grave (en dessous de 30 Hz) une erreur d'arrondi de 0,5 Hz peut donc facilement provoquer un mauvais classement et écarter dans ce cas une fondamentale qui pourrait être la base de tout un développement spectral.

8.4.3 L'esthétique de la précision

Ce détail, en apparence purement technique, est en réalité un paramètre esthétique de premier ordre. L'écriture de Romitelli est fondée sur le contrôle d'inflexions spectrales minimes qui participent à la construction du timbre. La texture sonore, la rugosité, les battements harmoniques qui animent un accord tenu ou transitoire sont directement liés à la présence ou à l'absence de certains partiels et à leur justesse relative. Une erreur de filtrage due à un arrondi numérique peut donc générer des « faux battements », altérer la couleur d'un accord ou modifier la perception de sa densité, allant à l'encontre de l'intention du compositeur.

La solution technique, qui consiste à forcer l'environnement OpenMusic à travailler en double-float en exécutant les commandes Lisp (setf read-default-float-format double-float) et (setq print-float-precision), permet de garantir la stabilité et la reproductibilité des algorithmes. Elle assure une fidélité à la *logique intentionnelle* du code. Cependant, elle nous éloigne potentiellement du son *réellement produit* par les machines des années 1990, dont les « imperfections » numériques faisaient partie intégrante du résultat sonore. L'analyse de ces archives impose donc une réflexion sur la nature de l'œuvre : doit-on chercher à reproduire la logique abstraite de l'algorithme ou le son concret de son exécution historique ?

Le tableau 6 synthétise l'incidence de ce choix technique sur le résultat musical.

Situation compositionnelle	Risque numérique (en single-float)	Conséquence audible potentielle	Recommandation pour une analyse fidèle
Génération d'une séquence harmonique courte (< 100 étapes)	Dérive cumulée quasi nulle (<0,01 cent)	Aucune.	single-float acceptable.
Boucles longues, interpolations itératives (e.g., goback)	Dérive cumulée pouvant dépasser 1 cent	Rejet/acceptation erronée de partiels par brr, altérant la texture spectrale.	double-float indispensable pour la stabilité.
Analyse/filtrage microtonal (seuil de brr resserré)	L'erreur d'arrondi représente une proportion significative de la fenêtre de tolérance.	Inversion fréquente de la logique du filtre, rendant le résultat imprévisible.	double-float indispensable pour la validité.
Accords tenus polyphoniques (synthèse Csound)	Des partiels légèrement décalés de quelques cents.	Apparition de « faux battements » ou d'une rugosité non intentionnelle dans le timbre.	double-float indispensable pour le contrôle des battements.

Tableau 6 : comparaison de la précision de la profondeur de calcul sur des matériaux symbolique dans PW. Source : Maxence Mercier (2025)

8.4.5 Single Float versus Double Float, deux univers sonores

Les premiers essais comparatifs entre Patchwork et OpenMusic ont montré des différences importantes sur les résultats produits. Une différence telle, que les solutions proposées n'ont plus rien à voir ni sur un plan spectral, ni sur le plan d'une harmonie traditionnelle.

La figure 31 suivante est une copie d'écran d'un patch de Romitelli que nous avons reproduit dans Patchwork puis OpenMusic. Il s'agit de la seule copie[298] d'écran disponible dans les archives de la fondation Cini, concernant implicitement le cycle de pièces *Professor Bad Trip*. Les autres patchs auront probablement été perdus, mais ce témoignage permet d'envisager que Patchwork était toujours utilisé en 1998 pour l'écriture de la pièce.

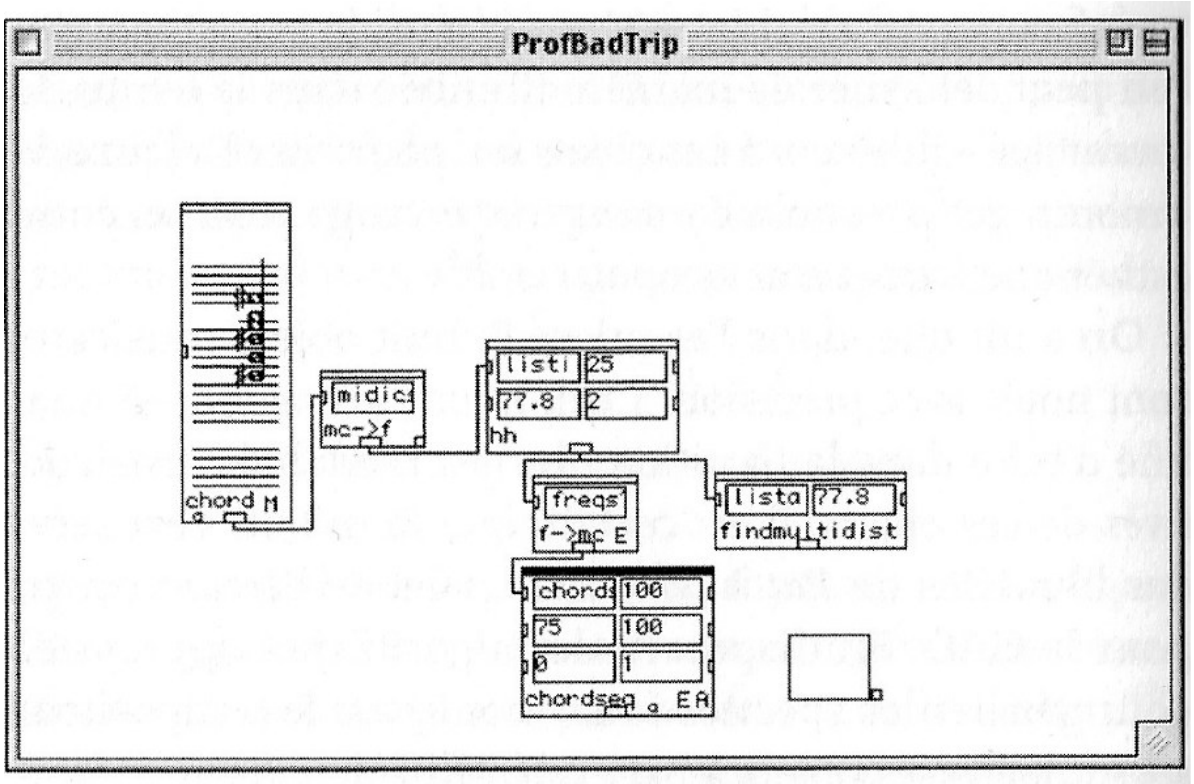


Figure 31 : Le patch « ProfBadTrip » de la FFR de la Fondation Giorgio Cini (Venise), probablement 1997/98. Source : Manfrin 2025, FFR, ordinateur personnel de Romitelli

La figure 32 présente deux reproductions d'un patch de Romitelli, exécuté dans l'environnement PatchWork à l'aide d'une émulation d'un ancien système d'exploitation Apple. La partie gauche de la figure montre le même patch reproduit dans l'environnement OpenMusic sur un ordinateur Mac de 2021. La figure 33 expose les différences de résultats constatées entre les deux reproductions.

[298] Si l'on s'en tient au propos de Manfrin, Mofroz (*op. cit.*, 2020) indique que la Fondation conserverait le « laptop » de Romitelli ainsi que des disquettes de sauvegarde de patchs. Cette mention contredit l'ensemble des autres sources relatives au fonds Romitelli, lesquelles signalent uniquement la présence d'un ordinateur Macintosh classique. Toutefois, si l'existence de ces éléments était confirmée, leur contenu devrait être examiné sans délai, avant que les données ne soient compromises par démagnétisation ou décomposition chimique.

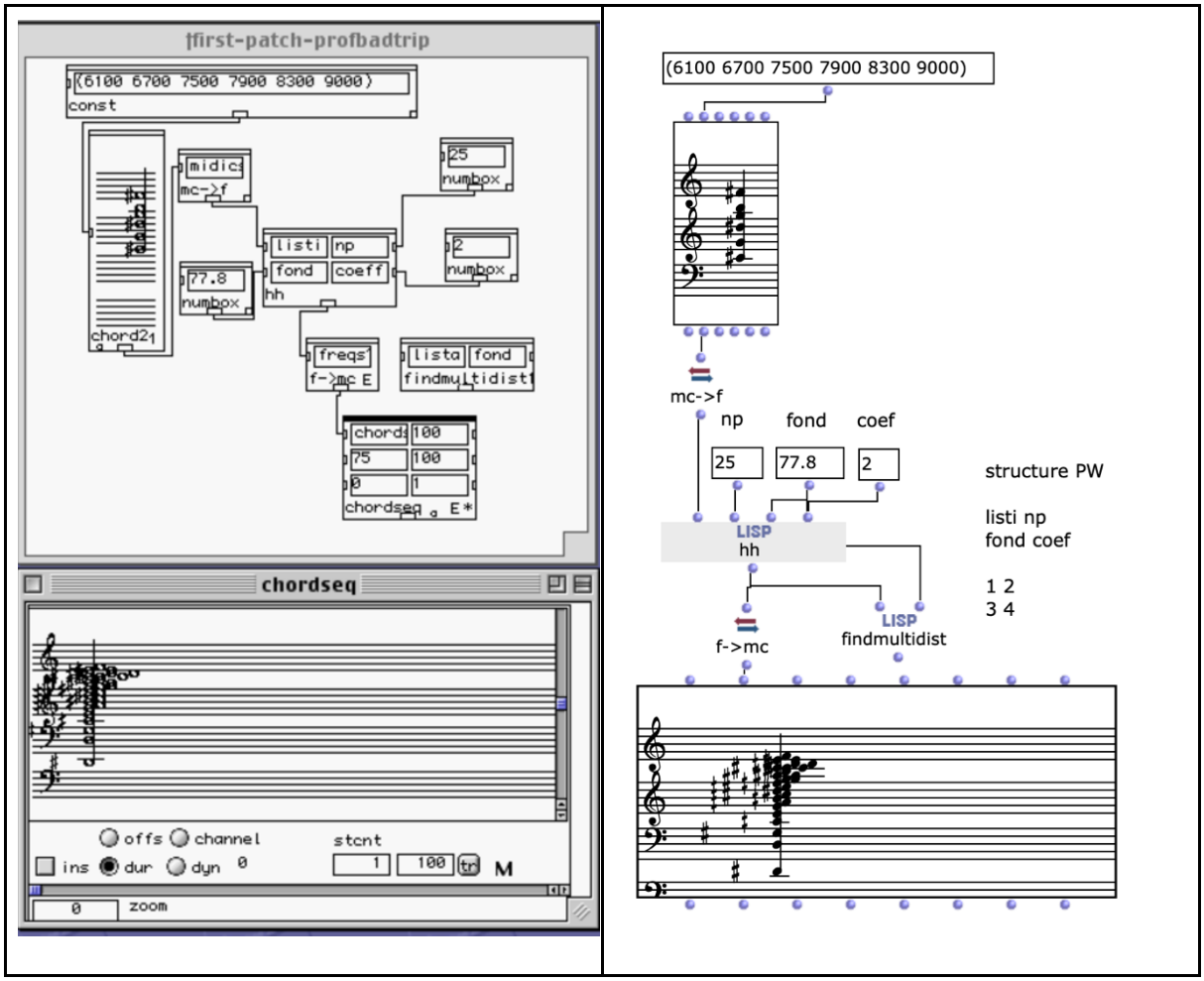


Figure 32 : Reproduction en 2025 du patch « ProfBadTrip » de la FFR de la Fondation Giorgio Cini (Venise) avec à gauche : PatchWork 2.6.5 sous MacOs 9.1 émulé par UTM (PowerPC Quadra900), à droite : OpenMusic 7.6 sous MacOs 15.5. Source : Maxence Mercier (2025)

Patchwork

```
Freq (77.8 145.17993348312712 209.11670452683367
270.9153352977535 331.1712298605847 390.22556880998025
448.299064924611 505.54589149211995 562.0796415445124
617.9873666154896 673.337827831996 728.1866596818559
782.5797646699964 836.555635299526 890.1469951483806
943.3819909960691 996.2850793078538 1048.8776988644247
1101.178790173515 1153.2052028104074 1204.9720192737238
1256.4928156339654 1307.77987362736 1358.8443549603132
1409.6964458531133)
```

OM en mode single float

```
Freq (77.8 145.18004 209.11693 270.9157 331.17172 390.22626
448.2999 505.54688 562.0808 617.9887 673.33936 728.18836
782.5816 836.5577 890.1493 943.38446 996.2878 1048.8805
1101.1819 1153.2085 1204.9755 1256.4965 1307.7837 1358.8484
1409.7007)
```

```
Midic (3900 4980 5612 6060 6408 6692 6932 7140 7324 7488
7637 7772 7897 8012 8120 8220 8315 8404 8488 8568 8644 8717
8786 8852 8916)
```

OM en mode double float

```
Freq (77.8 145.18002591133117 209.1169186592102
270.9156907081604 331.171708202362 390.2262350082397
448.2998925209045 505.54685974121094 562.0808047294617
617.9886850357056 673.3393173217774 728.1883113861084
782.5815944671631 836.5576742172241 890.1492710113525
943.3844308853149 996.2877126693725 1048.8804847717286
1101.1818155288695 1153.2083990097047 1204.9754453659057
1256.4963840484618 1307.7836799621582 1358.8483882904052
1409.7005996704102)
```

```
Midic (3900 4980 5612 6060 6408 6692 6932 7140 7324 7488
7637 7772 7897 8012 8120 8220 8315 8404 8488 8568 8644 8717
8786 8852 8916)
```

Figure 33 : Résultat des évaluations du code dans les différents environnements. Source : Maxence Mercier (2025)

Dans un contexte d'écriture algorithmique tel que celui pratiqué par Romitelli, les inflexions spectrales minimes participent pleinement à la construction du timbre. Leur contrôle constitue un enjeu technique afin d'assurer le bon fonctionnement des algorithmes. C'est également un enjeu esthétique, dans la mesure où ces écarts peuvent affecter de manière significative le rendu sonore produit par un moteur de synthèse numérique. La possibilité d'imposer le calcul en double précision flottante dans OpenMusic, sans modifier le code existant, constitue une solution simple à mettre en œuvre. Elle permet de réduire au minimum les micro-variations issues de la plateforme de calcul elle-même, plutôt que des algorithmes employés.

Pour cela il convient d'exécuter dans l'éditeur Lisp d'Open music les commandes suivantes en Common Lisp qui permettent de contrôler la précision et l'affichage des nombres flottants :

```
(setf *read-default-float-format* 'double-float)
```

Force la lecture des nombres à virgule (ex. 3.14) en double précision (64 bits), augmentant ainsi la précision des calculs.

```
(setq *print-float-precision* 13)
```

Définit le nombre de chiffres significatifs affichés pour les nombres flottants à 13, ce qui correspond à la précision typique du double-float.

```
(setq *print-suppress-trailing-zeroes* nil)
```

Affiche les zéros non significatifs après la virgule (ex. 3.1400 au lieu de 3,14), assurant une sortie numérique uniforme.

Ces réglages garantissent une précision élevée et stable dans les calculs et un affichage cohérent des données flottantes, ce qui est particulièrement utile pour les traitements numériques sensibles (comme en synthèse sonore ou en calcul spectral).

En mode double float, il n'y a plus qu'une seule valeur midic qui diffère du résultat obtenu entre l'environnement Patchwork (dans une émulation de System 9.1 avec UTM[299]) et l'environnement OpenMusic avec un Mac de dernière génération. La librairie lispdev ne peut pas fonctionner sans modification de l'environnement, car PW ne tronque pas les opérations en float alors que OpenMusic tronque à la 7ème décimale. Outre les différences entre machines, c'est l'environnement LISP dans lequel s'execute Patchwork ou OpenMusic qui conditionne ces résultats.

La différence est extrêmement minime, mais elle peut avoir une incidence sur des calculs effectuant de nombreuses itérations, comme c'est le cas pour la majorité des opérations discrètes derrière les fonctions du code de la librairie Lispdef de Romitelli.

La divergence constatée entre les valeurs produites par PatchWork et celles obtenues dans OpenMusic met en évidence la sensibilité des processus numériques lors d'un changement d'environnement de composition assistée par ordinateur. De légères variations — gestion interne des flottants, coercions de types, encodage des structures de listes — suffisent à altérer la reproductibilité des résultats : modulations d'intervalles, déplacements de partiels ou densités spectrales différentes. Méthodologiquement, cette situation oblige à documenter précisément les dépendances logicielles (packages, implémentations Lisp, formats d'export) et à contrôler la précision des calculs lors de toute ré-exécution. D'un point de vue épistémologique, elle rappelle que, dans une écriture centrée sur la micro-variation et la plasticité spectrale, la moindre fluctuation numérique transforme la matière sonore même de l'œuvre ; migrer un code sans précaution revient donc à infléchir, voire à redéfinir, certains traits esthétiques que le compositeur cherchait à maîtriser.

8.5 Vers une poétique de l'algorithme : l'espace compositionnel comme espace latent

8.5.1 Un espace d'altération continue

La synthèse des analyses techniques précédentes permet de développer un cadre interprétatif plus large pour la pratique compositionnelle de Romitelli. Son processus computationnel ne s'apparente pas à la manipulation d'un espace paramétrique traditionnel (hauteur, durée, intensité), mais peut être compris comme l'exploration intuitive d'un « espace latent »[300]. Ce concept, emprunté à l'apprentissage automatique, désigne une représentation intermédiaire et abstraite à partir de laquelle un système génère ou transforme des données. Chez Romitelli, les transformations musicales n'opèrent pas directement sur les notes, mais dans l'espace abstrait

[299] Patchwork ne fonctionne pas avec un système émulé sous BasiliskII ou SheepShaver, l'interpréteur Common Lisp nécessite un matériel qui n'est correctement émulé qu'avec un émulateur de type QEMU.

[300] GOODFELLOW, Ian, BENGIO, Yoshua, et COURVILLE, Aaron. *Deep Learning*. MIT Press, 2016. Le concept d'« espace latent » est ici appliqué par analogie à la démarche de Romitelli.

des coefficients de distorsion et des ratios de modulation de fréquence. Le résultat musical émerge de cette manipulation indirecte, d'une « navigation dans un espace latent non linéaire » qui s'apparente à une « érosion contrôlée » du matériau sonore[301]. L'accord devient texture, l'harmonie se mue en trace spectrale.

Le recours à l'ordinateur ne vise pas une rationalisation ni une automatisation du geste créatif, mais l'ouverture d'une « zone d'indétermination formelle ». Le compositeur engage un dialogue avec la machine, exploitant sa capacité à générer un ensemble exhaustif de solutions dans un registre déterminé mais suffisamment vaste. Les méthodes mobilisées relèvent de la « force brute » : elles consistent à parcourir systématiquement toutes les possibilités d'un système pour en extraire celles qui correspondent à une cible.

La spécificité de cette approche tient au rôle du critère de proximité : la sélection ne vise pas à construire progressivement une solution optimale, mais à reconnaître, dans l'ensemble produit, les occurrences suffisamment proches de la cible. Ce facteur de proximité introduit une marge de déviation, permettant de « pervertir » modérément le modèle tout en maintenant la possibilité d'une extrapolation ou d'un retour vers lui.

Chez Romitelli, les résidus, artefacts et imprécisions générées par ces processus computationnels se transforment en matériau fécond. L'intérêt n'est pas l'efficacité algorithmique, mais la capacité à ouvrir un champ de possibles, où la marge entre exhaustivité et déviation contrôlée devient un opérateur poétique.

Le processus computationnel n'a donc pas pour fonction d'exécuter une idée musicale entièrement préconçue. Il vise plutôt à créer un espace de possibilités si vaste et complexe que le compositeur est contraint d'adopter une posture d'explorateur. Le système goback, par exemple, génère une quantité de spectres qu'il serait impossible d'imaginer un par un. La fonction HH filtre ensuite cet espace selon un critère simple, l'accord cible, et présente au compositeur une liste de solutions souvent inattendues, qui sont à la fois « sales » (à l'inverse de l'intonation juste) et harmoniquement proches. Le compositeur peut alors opérer un choix esthétique parmi une liste de propositions, quand il y en a une, le résultat de la recherche pouvant être nul. Il ne s'agit plus d'un processus de conception descendant (*top-down*), mais d'un dialogue où le compositeur ajuste ses paramètres (soit génératifs, soit de cibles). L'algorithme fournit un champ des possibles, en proposant des matériaux que l'intuition seule n'aurait pu concevoir.

Cette approche consistant à générer un grand réservoir est assimilable au concept de « force brute », issu de l'informatique. Ce concept désigne une méthode pour explorer l'ensemble des solutions possibles dans un espace de recherche, sans recourir à des stratégies de réduction ou d'optimisation[302]. Transposée au champ compositionnel, cette démarche engage une esthétique

---

[301] *Ibid.*

[302] AHO, A., HOPCROFT, J., ULLMAN, J., *Data Structures and Algorithms*, Reading (MA), Addison-Wesley, 1983.

de l'épuisement : produire la totalité des configurations offertes par un système formel — qu'il s'agisse d'une combinatoire rythmique, d'une série d'accords ou d'un spectre discret — puis affronter l'excès généré par cette exhaustivité. Dans le cadre de la création musicale, le compositeur restreint volontairement le registre de l'exploration, tout en le maintenant suffisamment large pour ouvrir des marges de déviation. La force brute se transforme ainsi en opérateur poétique : touchant non pas à l'optimisation d'une cible unique, mais à la confrontation d'une profusion de solutions qui ne prennent sens qu'à travers le geste sélectif du compositeur. Cette dimension sélective repose sur la notion de proximité. Contrairement aux méthodes d'optimisation heuristique ou évolutive, dont l'objectif est de converger progressivement vers une solution optimale, chez Romitelli l'usage de la force brute consiste à générer un ensemble exhaustif de possibilités, puis à filtrer les occurrences jugées suffisamment proches d'une cible esthétique. Cette proximité peut être mesurée selon des critères mathématiques (distance euclidienne, corrélation spectrale) ou perceptifs (contour mélodique, similarité rythmique). Nigel Gwee a montré, dans sa thèse consacrée à la composition algorithmique, que ce couplage entre exploration exhaustive et filtrage sélectif constituait en 2002 une stratégie compositionnelle singulière[303]. Pour la musique, ce type de filtrage introduit une marge de déviation contrôlée : il permet de produire des solutions qui ne dupliquent pas le modèle initial, mais en déplacent modérément les paramètres, tout en préservant la possibilité d'un retour vers la cible d'origine. Des travaux menés en France par François Pachet ont souligné que cette dialectique entre fidélité et déviation est au cœur de la génération musicale assistée par ordinateur, où la créativité s'ancre dans la capacité du système à s'écarter — sans rompre totalement avec un modèle de style donné[304].

Cette logique est illustrée par le modèle computationnel dit de *similarity neighbourhood*, développé dans le champ du *music information retrieval*. Ce modèle, appliqué à des œuvres comme *Keren* de Xenakis, consiste à effectuer une recherche exhaustive de fragments mélodiques dans un corpus, puis à identifier ceux dont le contour se rapproche d'un motif cible[305]. L'intérêt de ce procédé n'est pas de trouver la « meilleure » solution, mais de cartographier un espace de possibles dont la pertinence repose sur la proximité perceptive avec un modèle-source. Cette logique a été reprise dans plusieurs recherches menées à l'IRCAM, où l'on a expérimenté des systèmes capables d'improviser ou de recomposer à partir d'un corpus de styles : la générativité y repose sur l'exhaustivité du traitement, mais l'intérêt musical surgit au moment du filtrage sélectif, souvent par reconnaissance d'un voisinage stylistique[306]. Dans

---

[303] GWEE, N., *Complexity and Heuristics in Rule-Based Algorithmic Music Composition*, PhD Thesis, Louisiana State University, 2002.

[304] PACHET, François. « The Continuator: Musical Interaction with Style », *Journal of New Music Research*, vol. 32, n° 3, 2003, p. 333-341.

[305] ADILOĞLU, K., TANIR, G. A., « Similarity Neighbourhood Model applied to Xenakis' Keren », in *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Copenhague, 2007.

[306] ASSAYAG, G., BLOCH, G., CHEMILLIER, M. « Improvisation et réinjection stylistiques. Le feed-back dans la création musicale contemporaine » *Rencontres musicales pluri-disciplinaires*, 2006 ⟨hal-01161350⟩

cette perspective, la force brute cesse d'être un archaïsme algorithmique car il sert les besoins d'une méthode d'exploration visant à l'émergence de résultats inattendus. L'efficacité de cette démarche ne se mesure pas à la rapidité du calcul, mais à la densité du champ de possibles qu'elle rend disponible à l'oreille du musicien.

L'esthétique de l'exhaustivité et de la déviation trouve un cadre théorique exemplaire dans la pensée et l'œuvre de Iannis Xenakis. Dans *Musiques formelles*, le compositeur propose d'appliquer la combinatoire, la logique des ensembles et les probabilités à la composition, de manière à épuiser systématiquement l'espace des solutions disponibles[307]. Des pièces comme *Pithoprakta* (1955-56) mettent en jeu des lois probabilistes qui saturent la texture sonore de micro-événements, tandis que *Herma* (1961) et *Nomos Alpha* (1965-66) explorent toutes les combinaisons d'ensembles logiques dans un cadre instrumental. Ici, l'exhaustivité n'a pas pour fonction d'optimiser, mais d'ouvrir un champ de déviations dont l'organisation sonore relève de la perception et de la sélection. Dans la continuité de ces recherches, Xenakis développe au CEMAMu, le centre qu'il fonde en 1972 à Paris, une série d'outils logiciels dont l'algorithme GENDY[308] (*GENeration DYnamique stochastique*), conçu au début des années 1990 avec la collaboration de Marie-Hélène Serra[309]. Ce générateur de formes d'ondes stochastiques, qui alimente des œuvres comme *Gendy3* (1991) ou *S.709* (1994), repose sur une exploration paramétrique quasi exhaustive de trajectoires aléatoires dont les proximités et les écarts deviennent des ressources formelles[310]. La poétique de la force brute peut ainsi se comprendre comme une stratégie compositionnelle où l'exploration exhaustive et le filtrage par proximité engendrent la fécondité du résidu, transformant la contrainte computationnelle en ressource esthétique.

8.5.2 Complexité grammatologique vs. aperceptive

Cette démarche trouve un écho théorique dans la distinction établie par Fabien Lévy entre « complexité grammatologique » et « complexité aperceptive »[311]. La pratique de Romitelli ne relève pas de la première, qui caractérise une complexité de construction abstraite et non destinée à être perçue. Elle vise au contraire une complexité aperceptive : une complexité qui se donne à percevoir, fondée sur des effets de morphologie, de transformation progressive, de densité et de texture. Le langage Lisp, par sa capacité à moduler des régularités, à interpoler des états et à manipuler des structures de données complexes, se révèle l'outil idéal pour « écrire des formes transitoires » et des « tensions orientées », pour travailler non pas sur des

---

[307] XENAKIS, Iannix., *Musiques formelles*, Paris, Richard-Masse, 1963. https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2021/02/Musiques_Formelles.pdf (consulté le 25 aout 2025)

[308] Le principe global de la synthèse stochastique de Gendy est disponible dans Csound avec la fonction Gendix : https://csound.com/docs/manual-fr/gendyx.html

[309] SERRA, Marie-Hélène. « Stochastic Composition and Stochastic Timbre: GENDY3 by Iannis Xenakis », *Perspectives of New Music,* vol. 31, no. 1, 1993, p. 236–57. https://doi.org/10.2307/833052

[310] SOLOMOS Makis. « L'itinéraire de Xenakis », Ecouter/Voir n°116/117, Paris, 2001, p. 25-31. hal-02055236

[311] LÉVY, Fabien. *Complexité grammatologique et complexité aperceptive en musique*. Thèse de doctorat, EHESS, Paris, 2002.

notes, mais sur des transformations, non pas sur des accords, mais sur des trajectoires paramétriques[312].

L'œuvre comme processus

L'exploration granulaire du corpus Lisp et PatchWork de Fausto Romitelli offre une perspective inédite sur son processus de création, démontrant que pour comprendre la genèse de son œuvre, l'analyse de la partition seule est insuffisante. Il est indispensable de pénétrer dans l'atelier numérique qui en constitue la matrice. Ces archives révèlent une pratique compositionnelle où l'idée musicale se construit, se transforme et se négocie à travers un dialogue constant avec le dispositif technique. La matérialité du code, la modularité des fonctions, l'importance de la représentation graphique et la densité des annotations témoignent d'une conception ouverte, processuelle et expérimentale de la création.

L'œuvre de Romitelli apparaît ainsi comme un cas paradigmatique de la recherche-création, où l'outil informatique n'est pas un support neutre mais un agent actif, un partenaire qui participe à l'élaboration conceptuelle et à la définition même du projet esthétique. Plutôt qu'un simple répertoire de solutions, son environnement de travail constitue un laboratoire où s'affrontent hypothèses, expérimentations et découvertes, et où le geste du compositeur ne se donne à lire que partiellement dans la complexité de ses partitions.

Le statut d'« archive active » assigné à ces documents numériques met en évidence une dialectique. D'une part, la force de cet environnement de travail réside dans la disponibilité quasi inépuisable de matériaux, produits par la combinaison de partitions, codes et schémas graphiques. D'autre part, cette même abondance peut conduire à une forme d'épuisement des idées, si l'on ne considère pas la continuité procédurale comme qualité pertinente du processus créatif.

En définitive, l'étude de cas de Romitelli propose un horizon méthodologique pour l'ensemble des démarches artistiques qui interrogent la genèse, la transmission et la réactivation des matériaux de la création à l'ère numérique. Elle plaide pour une musicologie du code, reconnaissant que pour une part croissante de la musique contemporaine, les archives informatiques sont aussi cruciales que les esquisses manuscrites des siècles passés, déplaçant ainsi le foyer de l'analyse de l'objet-œuvre vers celui du processus-œuvre.

Nous poursuivons notre étude du code LISP de Romitelli avec une représentation schématique de ce qui aurait pu être son organisation processuelle autour d'un espace latent qui engendre lui-même ses différents programmes génératifs.

[312] *Ibid.*

8.6 Espaces multiples d'écriture

La figure 34 présente un aperçu des espaces d'écriture de Romitelli à travers les codes disponibles dans les archives de *EnTrance.*

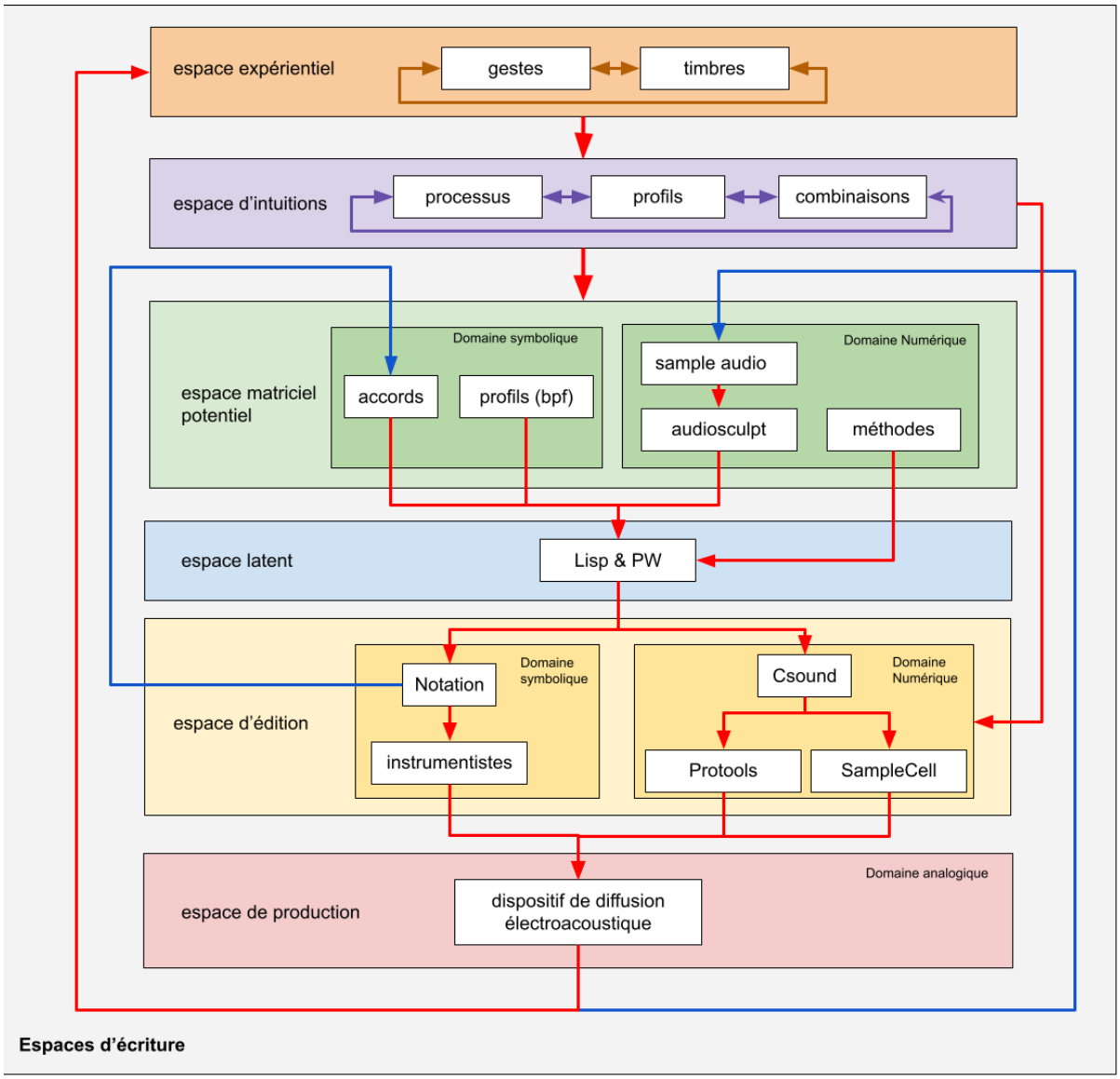


Figure 34 : Les espaces d'écriture non commutables chez Romitelli. Source : Maxence Mercier (2025)

A l'issue de l'étude du code source des éléments d'archives de Romitelli auxquels nous avons accès, je fais l'hypothèse d'un espace multiple d'écriture représenté sur le schéma ci-dessus.

Cet espace multiple est organisé autour d'un espace latent central, qui coordonne les circulations entre quatre autres espaces que l'on peut aussi considérer comme étapes ou étages. En amont, l'espace expérientiel constitue la mémoire active du compositeur redistribuant l'expérience musicale de gestes, timbres, instrumentation et orchestration. De cet espace, dérive l'espace d'intuitions, où se formalisent des processus, des profils (dessinés, imaginés ou calculés) et des combinaisons entre gestes, timbres et modes de jeu. Ces éléments s'agrègent ensuite

dans un espace matriciel potentiel : les intuitions y sont formalisées pour produire des accords, des profils interprétables par logiciel (*Break Point function)***,** et intégrer des matériaux numériques externes (échantillons, analyses AudioSculpt[313]). Ces éléments vont être ainsi potentialisés comme des choix de méthodes — au sens d'algorithmes, patches et chaînes opératoires conçus par le compositeur. L'objectif est de disposer d'un réservoir paramétrique cohérent, prêt à être calculé, noté, ou synthétisé.

8.6.1 Description

Nous n'entrons pas dans un espace aux dimensions multiples, mais un espace multiple, où les sous-espaces ne se superposent pas, mais s'articulent dans une chaîne avec différents degrés de linéarité modulés par les boucles de rétroaction (feedback).

Un espace à plusieurs dimensions conserve une même structure de coordonnées : les dimensions se superposent et se combinent sans changer de grammaire. Un espace multiple enchaîne des régimes hétérogènes (intuitif, matriciel, latent, édition) qui exigent à chaque passage une table d'équivalence (mapping) pour convertir les données selon des règles de transduction, avec pertes et gains d'information. Comme ces transductions ne commutent pas (A x B n'est pas égale à B x A), l'ordre des passages infléchit le résultat : il ne s'agit donc pas d'empiler des dimensions, mais de traverser des espaces reliés par des traductions non équivalentes. C'est là une application interprétative de la non-commutativité au sens de Connes. Ici, A et B sont des gestes d'écriture : analyser, normaliser, synthétiser, traiter, monter, quantifier, éditer. L'« espace » de la pièce n'est pas un cadre, il est le résultat d'un enchaînement d'actions constantes se redéployant sur les créations successives de Romitelli.

Cette approche analytique n'est pas prescriptive, il s'agit d'une interprétation personnelle sur laquelle je base mes propres processus de création. Romitelli n'a jamais évoqué la notion de non-commutativité — cependant ses volontés d'hybridation entre les esthétiques et expériences procèdent de la transduction, de la fusion des matériaux citationnels, plus que de leur exposition par collage littéral.

8.6.2 Préparations

L'espace expérientiel est l'espace de la mémoire du compositeur assimilable à ses connaissances. Il s'agit de mémoire de gestes, mémoire de timbres, mémoire organologique d'instrumentation, d'orchestration, et probablement également une mémoire des fonctions d'articulation, de logique fonctionnelle acquise par la pratique, d'où l'apprentissage théorique n'est pas évacué, mais opère sur l'espace par intuition.

L'espace d'intuition est le lieu où s'élaborent des processus, l'ébauche de profil dynamique, la combinaison entre processus, profils, gestes et timbres. Ces données, structurées dans des modes de jeu et des configurations variées, alimentent l'espace matriciel.

[313] https://forum.ircam.fr/projects/detail/audiosculpt/

L'espace matriciel regroupe un ensemble de matériaux potentiels, structurés de manière plus ou moins formelle, et qui jouent le rôle de réservoir pour la suite du processus compositionnel. On y retrouve des accords, des profils ou des objets musicaux préfigurés, souvent codés de manière interprétable par les logiciels utilisés. Cet espace peut également intégrer des éléments extérieurs, tels que des fichiers audio ou des résultats d'analyses spectrales (format SDIF). Tous ces matériaux deviennent des modèles — catalogués dans un espace matriciel, réservoir de base à la composition, pour les prochaines étapes.

C'est également dans l'espace matriciel que sont définies les méthodes algorithmiques qui alimenteront l'espace latent. Ces méthodes ne sont pas indépendantes du reste du processus : elles procèdent d'une accumulation progressive d'expériences et de pratiques développées dans les espaces précédents, notamment à travers les gestes, les profils et les logiques d'organisation explorés dans les phases expérientielles et intuitives. Sur le plan technique, elles se matérialisent sous forme de modules de code (principalement en LISP) et de leurs agencements dans des environnements comme Patchwork. L'écriture algorithmique y est conçue non comme une abstraction, mais comme une prolongation de l'intuition et de l'expérience, traduite dans un langage opératoire.

8.6.3 Actions

L'espace latent est nourri par un ensemble de données numériques — notes, profils, listes, représentations graphiques, bandes de profils fréquentiels évolutives (BPF), entre autres — qui permettent de moduler les paramètres du timbre, de piloter les processus, de générer des fondamentales, ou encore d'organiser des profils au sein d'un espace paramétrique dynamique.

L'un des principes récurrents dans les procédures algorithmiques mises en œuvre par Romitelli consiste à produire un très grand nombre de solutions à partir de modèles sonores (notes, bruits, sons transformés) ou de structures génératives. Ce processus d'expansion n'est pas destiné à produire une multiplicité de matériaux à exploiter directement, mais plutôt à poser un cadre à une sélection fortement contrainte. Le tri ne repose donc pas uniquement sur l'intuition, mais sur un ensemble de filtres opératoires définis à l'avance : parmi plusieurs milliers d'accords générés — jusqu'à 15 000 dans certains cas — seuls quelques-uns, parfois deux seulement, seront retenus, en fonction de leur conformité à une cible spécifiée.

Ces cibles ne sont pas arbitraires : elles dérivent bien souvent d'accords et de profils initiaux qui ont servi à structurer l'espace latent. Celui-ci constitue ainsi une zone d'expérimentation où les matériaux sont soumis à des opérations de transformation et de prolifération. C'est dans cet espace que s'opèrent les principales transgressions de l'écriture romitellienne : ce n'est pas tant le matériau originel qui est altéré, mais les conditions de sa mise en forme à travers les méthodes de génération et de sélection algorithmique. Le résultat sonore audible ou noté n'est que l'aboutissement d'un processus dans lequel la sélection joue un rôle déterminant, en opérant des choix à partir de critères intégrés aux algorithmes eux-mêmes, selon un degré de souplesse plus ou moins important.

Le travail du compositeur se situe précisément à ce niveau : non dans une intervention a posteriori sur un matériau donné, mais dans la définition des paramètres opératoires de ces méthodes — génération, filtrage, sélection — qui doivent répondre aux contraintes imposées par l'intention compositionnelle. L'espace latent apparaît ainsi comme un réservoir structuré par l'écriture elle-même, dont ne seront extraites que quelques occurrences, façonnées par les règles d'un processus.

La figure 35 illustre les principes fonctionnels de cet espace, en représentant les articulations entre les données sources, les procédures et les critères de sélection.

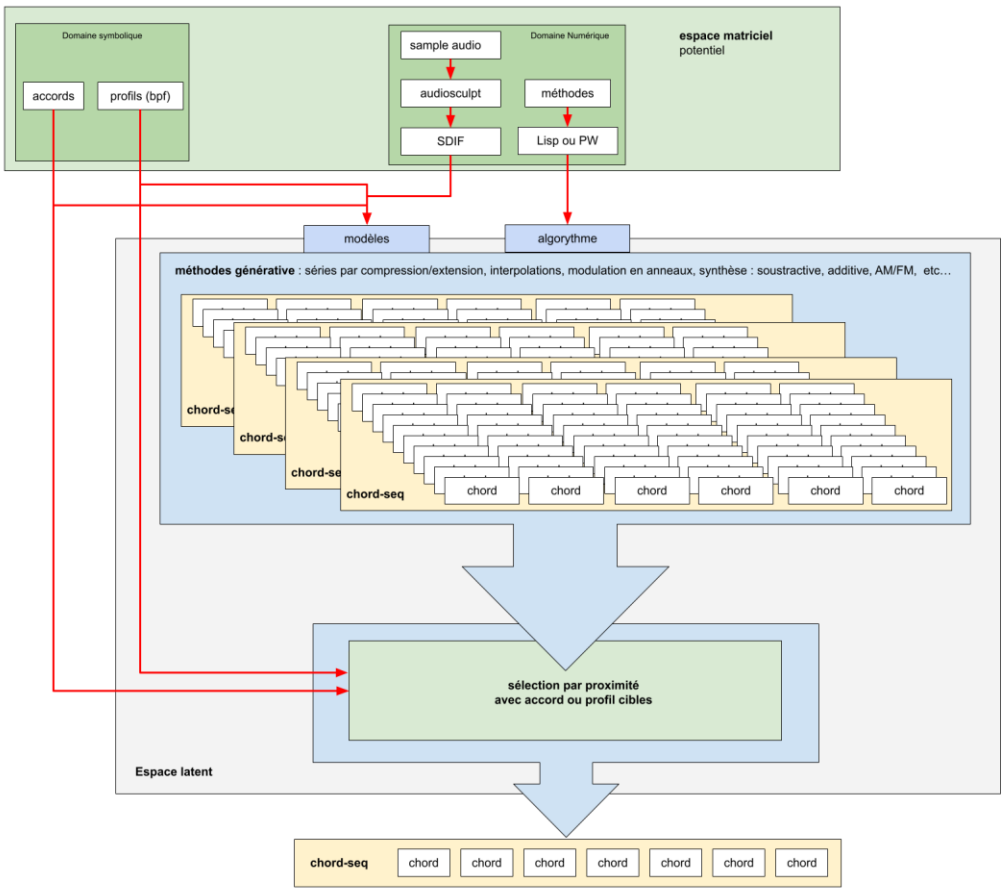


Figure 35 : L'espace latent chez Romitelli. Source : Maxence Mercier (2025)

8.6.4 Réactions

Les résultats produits dans l'espace d'édition se répartissent selon leur destination. D'une part, certains matériaux relèvent du symbolique et sont destinés au travail d'écriture à l'attention des interprètes. C'est à partir de cette bifurcation que Romitelli engage un travail de transcription sur partition, selon des modalités plus proches de l'écriture instrumentale dite « traditionnelle ». Il s'agit ici de transformer les données issues du traitement algorithmique en éléments notés, transmissibles, que le compositeur s'approprie en les investissant d'un geste graphique, enrichi de sa connaissance fine du jeu instrumental. Cette phase, plus visible car inscrite dans la partition finale, est souvent celle qui fait l'objet des analyses sur le travail de Romitelli « à la table ».

Toutefois, ce découpage masque une réalité plus complexe. Une part significative de son écriture se développe dans des zones moins documentées, situées en amont ou en marge de la notation : entre les premières esquisses sur papier et les patchs originaux réalisés dans Patchwork, de nombreux choix restent à éclaircir. Si le code source LISP de Romitelli permet d'émettre certaines hypothèses sur les procédures mobilisées, seuls les patchs réalisés dans Patchworks offriraient potentiellement un accès aux relations opératoires mises en œuvre pour passer des idées/esquisses à la partition finale.

En parallèle, une autre branche du processus se déploie dans un espace de production numérique, au sein duquel sont générés des matériaux paramétriques destinés à l'environnement Csound, sous forme de fichiers *score* et *orchestre*. Ce second versant donne lieu à la production de sons de synthèse et de séquences audio, qui seront ensuite intégrées aux sessions dans Protools, soit pour la création des bandes électroacoustiques, soit pour l'alimentation de la mémoire d'un échantillonneur (*sampler*). Selon les projets, ces sons peuvent être délégués à un interprète à partir de la partition (notamment dans le cas de samplers joués en direct) ou bien déclenchés par un régisseur informatique musical (RIM), depuis la régie ou via une interface scénique.

La production sonore à l'aide de Csound constitue un domaine pour lequel Romitelli devait collaborer avec un RIM. Dans le cas de *EnTrance*, cette collaboration était d'autant plus nécessaire que la puissance de calcul requise dépassait probablement les capacités de son matériel personnel — un Macintosh 68k de 1991. Laurent Pottier, spécialiste de Csound, était alors en mesure d'optimiser les paramètres de synthèse et de prendre en charge les opérations de calcul audio. Dans sa thèse, Pottier mentionne d'ailleurs que le passage au PowerPC, en 1995, a considérablement réduit les temps de calcul. De manière analogue, l'usage de Protools et de Samplecell nécessitait un équipement informatique performant, doté de cartes spécialisées, ce qui justifiait également l'appui d'un studio ou d'un collaborateur dédié. En revanche, pour les opérations portant sur la génération de données symboliques ou paramétriques en LISP, Romitelli semble avoir travaillé de manière autonome.

Les archives fournies par Pottier contiennent peu d'éléments permettant de reconstruire cet espace latent, qui demeure donc en partie hypothétique. On y trouve néanmoins des extraits de patchs réalisés dans Patchwork, comportant des sélections d'accords organisées par sections pour *EnTrance*, accompagnés d'indications relatives à la gestion des enveloppes et à l'assemblage des matériaux audio dans Protools. Ces documents ont permis de retracer certains aspects de la genèse de l'œuvre[314], notamment en ce qui concerne la production des fichiers audio et l'emploi de règles génératives[315]. Toutefois, selon les propos de Pottier lui-même, Romitelli

[314] OLTO, Alessandro. *EnTrance. Spettralismo e composizione assistita all'elaboratore in Fausto Romitelli*. Udine, 7 avril 2017. https://air.uniud.it/handle/11390/1132155#.YYKwAlPSIWo (consulté le 20 août 2025)

[315] POTTIER, Laurent. « Exemple d'utilisation des outils de CAO pour la synthèse sonore "EnTrance" de Fausto Romitelli pour soprano, ensemble et dispositif électronique », *Journées d'Informatique Musicale*, 1997, Lyon, France. ⟨hal-03106715⟩

restait très discret sur les détails de son atelier personnel. Il livrait régulièrement des séquences musicales prêtes à être intégrées, mais sans transmettre d'informations sur les modalités exactes de leur fabrication (échange personnel avec Pottier). La figure 36 montre une interface PatchWork permettant d'interpoler deux enveloppes pour générer des profils dynamiques utilisés pour la synthèse de son avec Csound.

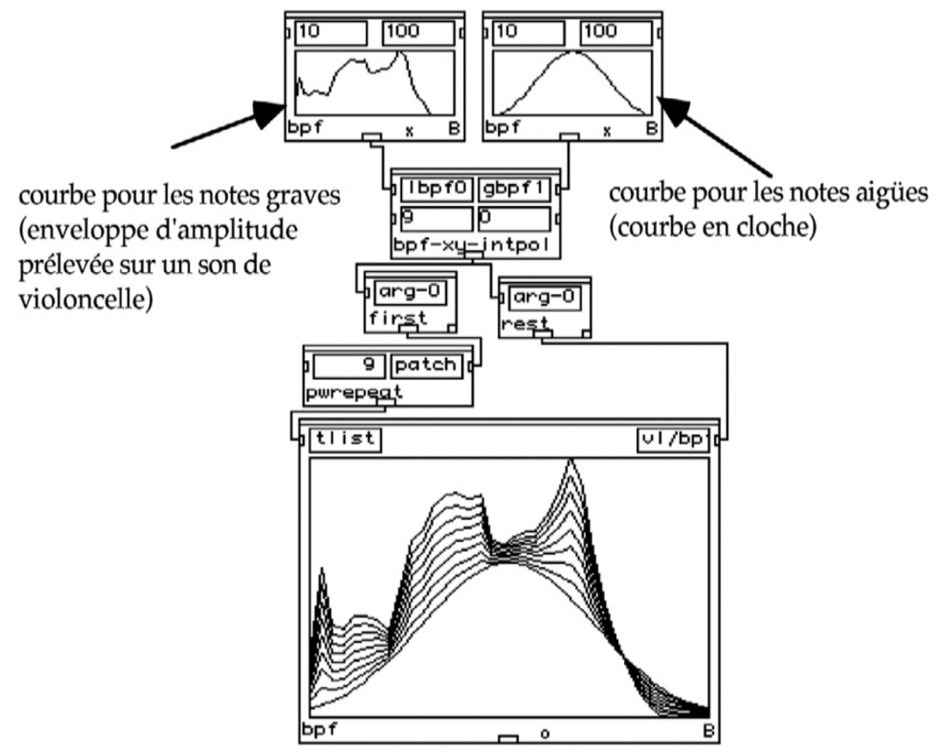


Figure 36 : Interpolation entre deux enveloppes d'amplitude. Source : Pottier 2001[316]

L'espace de réalisation constitue le lieu de convergence de l'ensemble des opérations précédentes sous une forme sonore actualisée par un dispositif de diffusion. Dans la majorité des œuvres de Romitelli, cette étape implique l'amplification des instruments acoustiques, condition nécessaire pour maintenir un équilibre avec les sources électriques (guitare, basse) ou électroniques (synthétiseur, échantillonneur, bande). Cette contrainte participe directement à la configuration de l'espace sonore.

Plutôt que de concevoir une lecture linéaire ou réversible des processus, il convient de considérer chaque « espace » comme un régime d'opérabilité spécifique. Les éléments qui y circulent conservent leur identité mais changent de statut selon leur position dans la chaîne opératoire. Un même profil peut ainsi être d'abord appréhendé comme une intuition, devenir ensuite une bande de profils fréquentiels (bpf), puis un paramètre de contrôle au sein d'une méthode de génération. Ce déplacement n'est pas neutre : il induit une transformation du rôle de l'objet dans la chaîne de production. Certains couples d'opérations suffisent à révéler le caractère non

[316] POTTIER, Laurent. *Le contrôle de la synthèse sonore informatique - Cas particulier : l'utilisation du programme PatchWork*, Thèse de doctorat, EHESS - Paris, 2001. https://hal.science/tel-03793758 (consulté le 20 août 2025)

commutatif des processus : (analyse spectrale/normalisation de profils), (resynthèse/filtrage), (génération/sélection), (sélection/édition), (édition notation/édition signal). Inverser ces opérations revient à produire d'autres pièces, ou du moins à réorienter le processus compositionnel. Cela rejoint la pensée de Connes, pour qui l'espace ne se définit pas par son étendue mais par l'algèbre des opérations qui y sont permises. Dans le cadre de la composition, cette algèbre est celle de l'écriture.

Une telle approche appelle, pour les recherches futures, à documenter de manière systématique les processus en jeu. Cela implique d'identifier les objets-sources, de décrire les profils, les procédés, ainsi que leurs modes de combinaison. Il s'agit également de formaliser les accords, les bpf, les samples et les méthodes de traitement dans une perspective matricielle. Le processus génératif doit être défini au sein d'un espace latent qui, pour ne pas rester opaque, doit faire l'objet d'une étude analytique, rendue possible lorsque les codes sources sont accessibles. Il convient de distinguer ce qui est destiné à la notation de ce qui relève du signal, et de relever les modifications induites par la réalisation, notamment les ajustements opérés en retour. À chaque étape, l'ordre des opérations constitue un paramètre structurant essentiel : il permet de comparer deux œuvres en identifiant leurs paires non commutatives actives, mais aussi de suivre l'évolution d'un même profil à travers ses différentes représentations.

On pourrait ainsi résumer ce modèle sans en altérer la portée : l'écriture résulte de l'articulation entre les objets-sources, les profils, les méthodes, les cibles et l'ordre opératoire. L'espace de l'œuvre se constitue dans ce que produit cette chaîne d'opérations.

8.7 Esquisse manuscrite de *Professor Bad Trip*

L'analyse de Pascal Decroupet[317] des esquisses de *Professor Bad Trip* met en lumière la spécificité du travail de Romitelli : « qui consulte les esquisses de Fausto Romitelli s'interroge tout d'abord pourquoi *un compositeur de sons* esquisse autant de *notes*[318] ». À travers ces notations — échelles tempérées ou déformées, figures rythmiques, mélodies soumises à variations — le compositeur ne cherche pas uniquement à transmettre des instructions d'exécution, mais à esquisser une véritable « image sonore » vers laquelle la notation oriente l'interprétation. Or, souligne Decroupet, « la meilleure exécution solfégique ne permet pas nécessairement de découvrir cette idée sonore », car celle-ci relève d'une conscience acoustique élargie que Romitelli s'efforce de traduire en gestes d'écriture. Composer, pour lui, consiste à « transférer une conscience sonore toujours plus aiguë dans un contexte artistique », selon une logique de « loupe acoustique » appliquée à un espace multiparamétrique où les qualités spectrales évoluent selon les phases successives du son — attaque, entretien, chute.

[317] DECROUPET, Pascal. « Le son kaléidoscopé : la révélation audible du son incurvé dans *Professor Bad Trip* Lesson I de Fausto Romitelli ». *Dissonance*, no 143, 2018, p. 15-23. https://dissonance.musinfo.ch/upload/pdf/143_15_hb_dec_romitelli.pdf (consulté le 22 aout 2025)

[318] *Ibid. p.15*

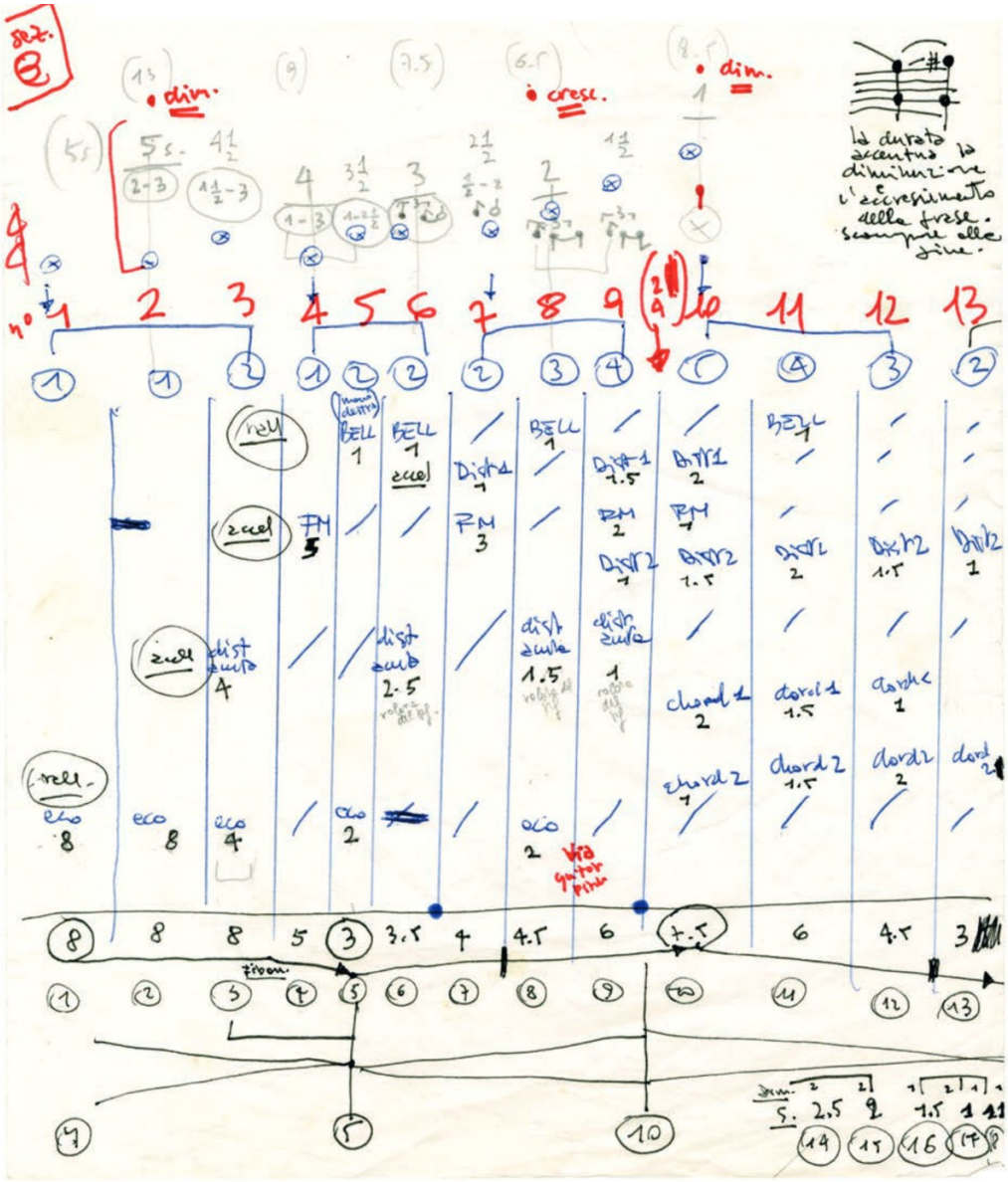


Figure 37 : Esquisse de tableau distributionnel pour les effets électroniques à appliquer sur la phase de résonance active du modèle bêta. Source : Venise, Fondazione Giorgio Cini, Fondo Fausto Romitelli, Decroupet

À ce titre, les annotations retrouvées dans les esquisses révèlent les principes structurants de son esthétique : disparition et réapparition, émergence de nouveaux modèles, accélération et décélération oscillantes, passage du multiple à l'unique, transe par répétition, distorsion progressive ou encore synthèse granulaire[319](figure 37). Le principe de « caleidoscopio » illustre cette logique d'exploration kaléidoscopique : des éléments structurels invariables sont réagencés temporellement, projetant un même objet sonore sous des angles sans cesse renouvelés. La « perception du son en mouvement » devient alors l'enjeu central, et toutes les notes soigneusement tracées « prennent leur sens comme composantes d'un objet sonore (dé)composé ou d'un processus d'exploration du sonore étalé dans le temps »[320].

[319] *Ibid. p16*

[320] *Ibid. p15*

Cette méthode, conclut Decroupet, révèle à la fois des lignes de force esthétiques et des moyens techniques singuliers : segmentation du son complexe en phases distinctes, focalisation alternative sur l'aspect vertical (harmonique) ou horizontal (mélodique), mise en évidence de gestes indivisibles où attaque et *decay* se fondent dans une continuité perceptive. Romitelli lui-même revendique cette exigence d'intégration : « le talent d'un compositeur se mesure aujourd'hui par sa capacité d'intégrer dans l'écriture des matériaux différents, souvent hétérogènes, sans renoncer à la rigueur conceptuelle et à la définition d'un style capable de métaboliser les différentes influences et de créer de nouvelles images sonores »[321]. La métaphore du kaléidoscope, appliquée à l'image sonore, traduit ainsi la poétique romitellienne : ausculter le son sous des « projecteurs constamment changeants et dans des miroirs déformants toujours différents », afin d'en révéler « des facettes toujours renouvelées »[322].

8.8 L'état de l'art sur la synthèse instrumentale chez Romitelli

Le système utilisé par Romitelli repose sur un ensemble de contraintes permettant de générer des séries de variations d'accords à partir d'une série harmonique compressée de 1 à 0. Ce processus s'appuie sur une sous-fonction appelée *goback*, qui opère comme un retour à la fondamentale. Le système sélectionne ensuite les accords les plus proches d'un accord modèle. Cette logique structure son discours : il enchaîne des harmonies spectrales construites à partir de spectres distordus, mais hérités de formes harmoniques de facture plus classique.

L'exemple disponible à la Fondation Cini (lié à *Professor Bad Trip*) illustre cette technique, mais l'examen direct du code source Lisp permet de révéler des manipulations plus raffinées, demeurées sans documentation. Alors que de nombreux travaux portent aujourd'hui sur son œuvre, la plupart des études privilégient une lecture de l'harmonie « traditionnelle » pervertie par des processus spectraux, sans considérer le rôle structurant du système génératif.

En réalité, c'est l'harmonie traditionnelle qui fonctionne comme un filtre résonant dans ce dispositif. Au-delà du cas de Romitelli, cette approche témoigne d'un courant plus large de la synthèse instrumentale dans les années 1990, encore peu étudié. La compréhension de ces processus requiert une pratique effective du code comme outil compositionnel, ce qui limite le nombre de chercheurs capables de les analyser, mais souligne l'intérêt d'une recherche musicologique menée par des compositeurs-chercheurs familiers de ces environnements.

Cette dimension explique pourquoi même un proche collaborateur comme Laurent Pottier est passé à côté de cet espace génératif décisif pour la constitution des matériaux d'écriture. Dans ses propres textes, Romitelli mentionne l'« abstraction hh » présente dans plusieurs patchs, sans en détailler le fonctionnement. Pourtant, dès 1993, il en donne la formule :

---

[321] *Ibid. p22*

[322] *Ibid.*

« À partir des paramètres fixés de l'un ou de l'autre type, le système construit un réseau de contraintes qu'il cherche à résoudre en produisant tous les objets compatibles (i.e. moments spectraux contenant les bons intervalles). Une interface PatchWork permet de diriger les solutions vers une représentation en notation musicale ou vers la génération de scripts de synthèse pour Csound.

(Romitelli, Rapport d'activité IRCAM 1993, p. 46)

Sur les copies d'écran de patchs PatchWork, on retrouve les mêmes fonctions récurrentes, notamment dans les patchs associés à la réalisation de *Cupio dissolvi* (1995), documentés par Laura Zattra[323] (*The Electroacoustic Music Archives at the Fondazione Giorgio Cini*), jusqu'aux ultimes esquisses (figure 39).

Dans son ouvrage consacré à *Professor Bad Trip*, Luigi Manfrin présente la seule capture d'écran connue provenant de l'ordinateur de Romitelli témoignant de l'usage de PatchWork dans le processus d'écriture de cette œuvre (figure 38 et 39). Il ne fait guère de doute que le compositeur a poursuivi l'emploi de ces mêmes outils compositionnels jusqu'à ses dernières pièces. Cependant, l'unique ordinateur actuellement identifié et accessible aux chercheurs ne semble pas avoir conservé de traces complètes et exploitables de ces environnements de travail.

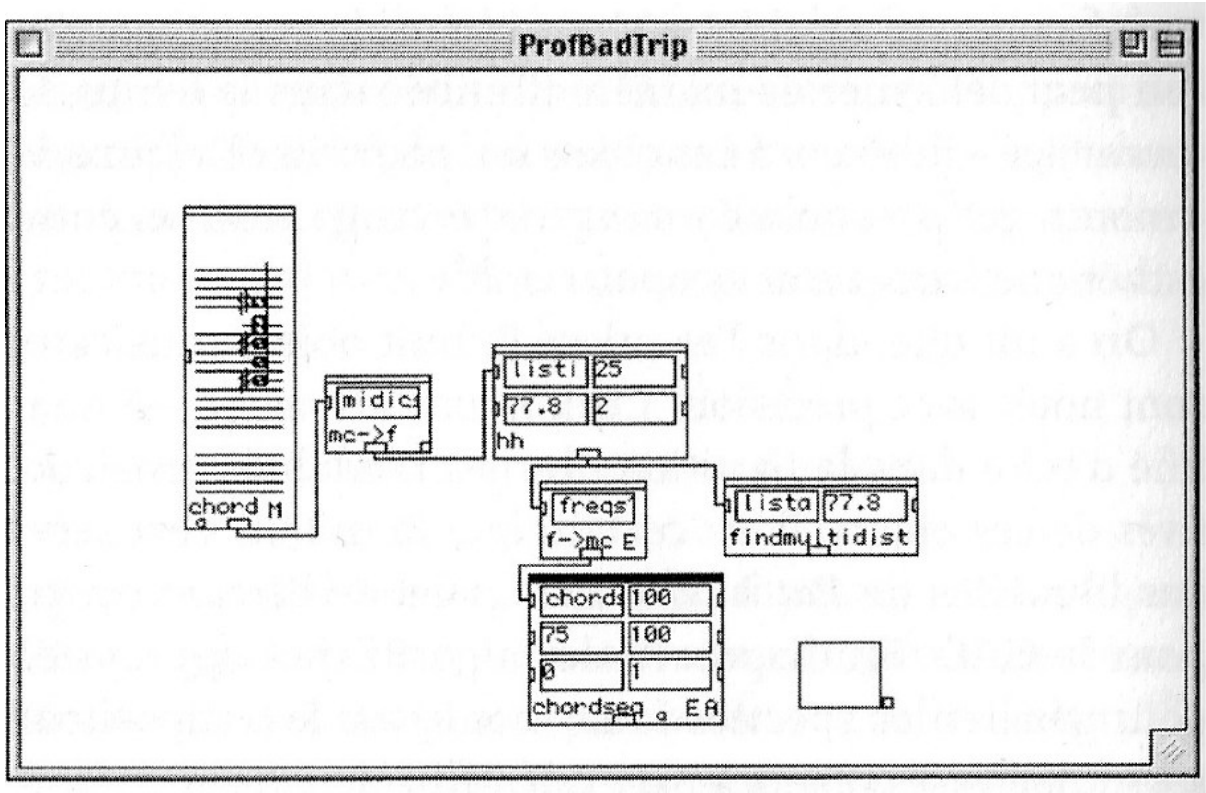


Figure 38 : Le patch « ProfBadTrip » de la FFR de la Fondation Giorgio Cini (Venise), probablement 1997/98. Source : Manfrin 2025, FFR, ordinateur personnel de Romitelli

[323] ZATTRA, *op. cit.*

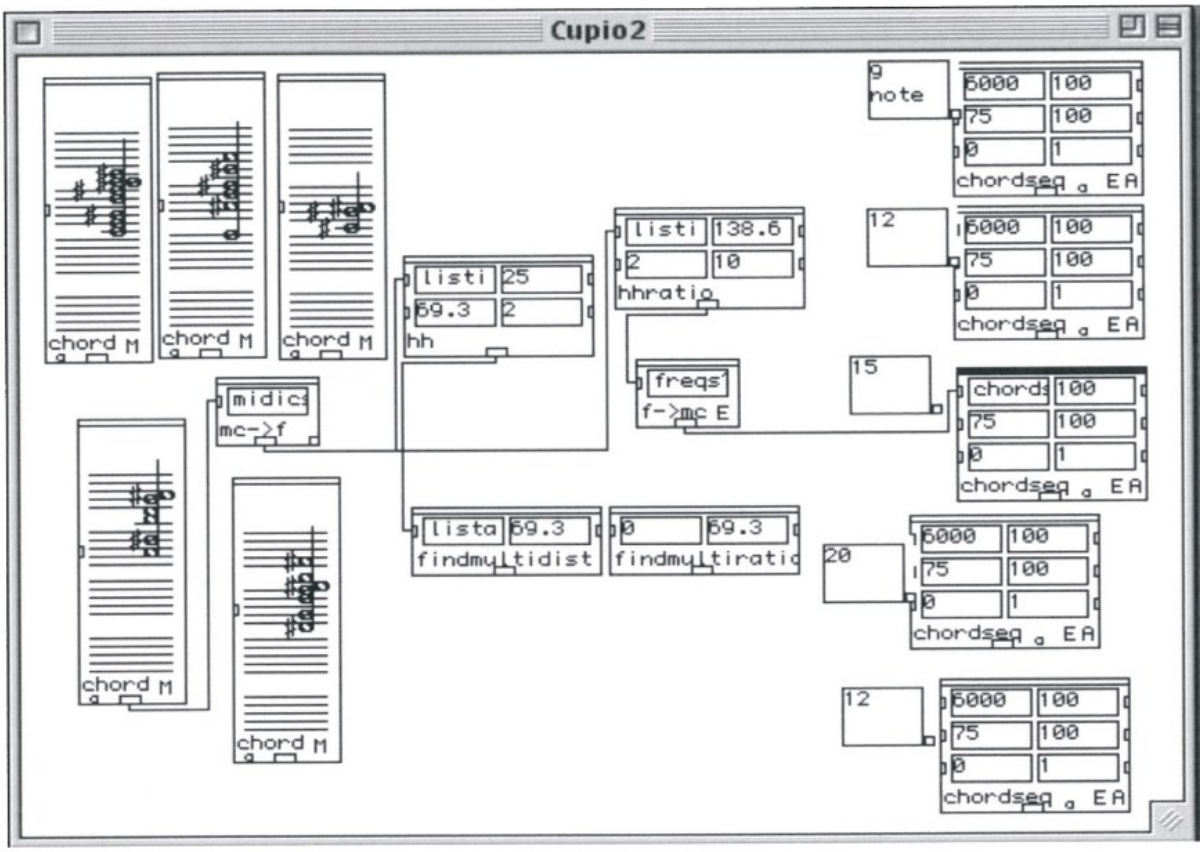


Figure 39 : copie d'écran du patch Patchwork de Cupio Disolvi (1995). Source Zattra 2021, FFR, ordinateur personnel de Romitelli

Les analyses de Luigi Manfrin[324], Nicholas Moroz[325] et Pascal Decroupet[326] portant sur la trilogie *Professor Bad Trip* confirment que l'atelier numérique mis en place au début des années 1990 constitue la matrice technique et esthétique des œuvres ultérieures de Romitelli.

L'idée de « son incurvé » de Decroupet et son analyse des esquisses montrant une exploration kaléidoscopique d'un objet sonore sous différents angles trouvent un écho direct dans la nature paramétrique des fonctions Lisp, qui permettent une exploration systématique et variée d'un même modèle sonore. La « pertinence syntaxique du timbre » de Manfrin, où la tension entre spectres harmoniques et inharmoniques devient structurelle, est une conséquence directe de la logique du système « HH ». Enfin, l'enquête de Moroz sur l'équilibre entre contrôle et accident est éclairée par la conception même du système, qui combine une génération déterministe (dist) avec une recherche « floue » (brr), créant ainsi une instabilité contrôlée.

[324] MANFRIN, *op. cit.*

[325] MOROZ, Nicholas. « Hacking the Hallucinatory: Investigating Fausto Romitelli's Compositional Process through Sketch Studies of "Professor Bad Trip: Lesson I" ». Archival Notes, no 5, 2020, p. 59-84, https://onlinepublishing.cini.it/index.php/arno/article/view/171 (consulté le 22 aout 2022)

[326] DECROUPET Pascal, *op. cit.*

8.9 Conclusion

L'examen des archives numériques de Fausto Romitelli permet de comprendre que son intérêt pour l'informatique musicale ne relève pas d'un simple usage utilitaire des outils disponibles à l'IRCAM dans les années 1990. Au contraire, il s'agit pour lui de construire un espace compositionnel propre, un espace génératif forgé pour répondre à ses besoins expressifs et à sa volonté d'hybridation esthétique. L'étude de ses patchs et de sa bibliothèque Lisp révèle que cet espace ne vise pas seulement à produire des variations automatiques à partir de règles formalisées, mais qu'il engage un dialogue constant entre le compositeur et la machine, dialogue où les contraintes techniques se transforment en opérateurs poétiques.

Cet espace rejoint les intuitions formulées par Gérard Assayag à propos de « l'espace potentiel » de la CAO, mais il en dépasse le cadre initial. Chez Romitelli, l'ordinateur ne se contente pas de calculer : il participe à l'extraction du matériau selon des critères cibles définis par le compositeur (accord, intensité, spectre, tessiture). L'instrumentation computationnelle permet d'explorer des territoires fréquentiels et temporels inaccessibles à l'écriture traditionnelle, et engage un déplacement du geste compositionnel : ce n'est plus la main qui trace directement l'objet musical, mais l'algorithme qui en génère un réservoir, dont la sélection finale devient le lieu véritable du choix artistique.

Cette logique excède les systèmes génératifs contraints développés à la même époque, souvent destinés à résoudre des problèmes d'écriture académique. Alors que ces derniers reproduisaient, sous une forme algorithmique, des procédures que le compositeur pouvait réaliser plus rapidement avec les outils traditionnels de l'écriture — Romitelli adopte une posture inverse : il délègue à la machine une tâche excédant les capacités de l'intuition humaine : celle de produire une profusion de solutions, puis d'en filtrer quelques occurrences conformes à ses critères. L'objectif n'est pas l'optimisation, mais l'ouverture d'un champ d'exploration dont la richesse excède les limites de l'imaginaire immédiat.

Le résultat de cette démarche est une écriture de la complexité, filtrée par les codes de l'harmonie et de l'orchestration classique, mais traversée par les timbres et les distorsions issus du spectralisme et de l'électroacoustique. Cette hybridation, qui associe la mémoire des traditions instrumentales et l'énergie des pratiques électriques et électroniques, définit l'esthétique singulière de Romitelli. Elle permet à son écriture d'atteindre un niveau de raffinement et de densité que Grisey, dans une formule rapportée par Jean-Luc Hervé, qualifiait de « décadence dorée », en réponse à Romitelli qui lui présentait sa musique comme « une musique de la décadence ».

Au-delà du cas singulier de Romitelli, l'étude des pratiques de la CAO requiert une pratique effective du code : une connaissance superficielle ne suffit pas, car c'est dans l'agencement concret des fonctions, dans leurs boucles et dans leurs contraintes, que peut se révéler une logique compositionnelle inaccessible dans les archives manuscrites. Cette exigence restreint le nombre de chercheurs en mesure d'aborder ces archives numériques, mais elle souligne la

pertinence d'une musicologie du code, conduite par des praticiens eux-mêmes engagés dans la composition assistée par ordinateur.

En définitive, le code de Romitelli peut être lu comme un lieu où émergent les fondements transgressifs de son écriture : l'élaboration de processus computationnels rigoureux, projetés dans une maximalisation de sa poétique de l'usure.

Chapitre 9 Sur les cordes automatiques de Risset

> The challenge of any application of the computer in music is to develop novel and refined possibilities. The danger is alienation, the imperative is not productivity but personalization, musical personalization and refinement. I believe this is a long-term imperative : computer music should continue to lead the way to demonstrate that our interaction with the computer could and should be helpful and harmonious[327].

Jean-Claude Risset, dernier mot pour conclure sa conférence à l'Interactive Keyboard Symposium en 2012 à Londres

9.1 Introduction

La création musicale, depuis l'Antiquité, oscille entre deux paradigmes fondateurs que symbolisent Pythagore et Aristoxène : d'une part, l'idée que l'harmonie musicale est gouvernée par des rapports numériques, et d'autre part, l'affirmation que seule l'expérience auditive donne sens à la musique. Jean-Claude Risset, compositeur et chercheur, avait la volonté de réconcilier ces deux antiques traditions.

> Le premier affirme [Pythagore] : les nombres gouvernent le monde, l'harmonie des sphères mais aussi l'harmonie musicale ; l'autre répond : attention, la justification de la musique est dans l'oreille, elle n'est pas dans la justification mathématique[328].

Ce chapitre a pour objectif de confronter les principes d'une analyse processuelle sur les corpus numériques des pièces pour Disklavier et ordinateurs constitués sur plusieurs décennies par Risset et ses collaborateurs. Il est riche de bifurcations, redondances, abandons, et surtout de persévérance face aux contraintes inhérentes à l'informatique personnelle encore balbutiante dans les années 90.

Si ce chapitre expose les principes d'une exploration processuelle, il se destine avant tout à documenter les efforts à fournir pour maintenir le répertoire des écritures numériques de la musique informatique réalisée dans les années 90 et 2000.

Nous nous attarderons sur les pièces du répertoire qui semblent ne pas avoir été disponibles en dehors de la période de leur création, selon les propres commentaires de Jean-Claude Risset, commentaire laissé bien souvent sous forme de copie de ses correspondances avec les différents interlocuteurs qu'il aura sollicités pour l'aider à maintenir ses patchs.

---

[327] *Interactive Keyboard Symposium* - 9 - 11 November 2012 -- Goldsmiths College, University of London https://www.tommudd.co.uk/interactivekeyboard/schedule2.htm (consulté le 22 aout 2025)

[328] BAZZOLI, François. et al. « Jean-Claude Risset ». *La pensée de midi*, 2000/2 N° 2, 2000. p.66-73. CAIRN.INFO, shs.cairn.info/revue-la-pensee-de-midi-2000-2-page-66?lang=fr

Nous verrons comment il est néanmoins possible de réactiver les versions disponibles avec des outils de virtualisation nous permettant un retour aux années 90 avec la puissance des machines actuelles et les ressources mutualisées des archives « Abandonware[329] »

Enfin, nous verrons que la perception, si chère à Risset, oblige à considérer ces processus de restauration au-delà des seules considérations numériques, le matériel physique utilisé dans le cas du Disklavier étant lui aussi soumis à une vétusté grandissante.

9.2 Méthodologie d'analyse exploratoire

9.2.1 Archives

Les documents et informations publiés étant dispersés à travers plusieurs initiatives, les archives numériques personnelles de JCR sont la seule ressource les rassemblant. Néanmoins, dans ces archives privées, les versions parallèles sont nombreuses et nécessitent une mise à plat, ainsi qu'une généalogie précise pour comprendre quelles peuvent être les versions les plus favorables à une maintenance de la partie électronique.

« Le fond Risset[330]» géré par le laboratoire Prisme et supervisé par Vincent Tiffon, a assuré les premières étapes de conservation pour lister et numériser le contenu des collections[331].

9.2.2 Constitution et sélection du corpus

Le corpus retenu pour cette étude est issu des archives numériques personnelles de Jean-Claude Risset, extraites directement de ses ordinateurs personnels, avec l'accord de sa famille. L'ensemble a été nettoyé de ses doublons, fichiers obsolètes et exemples non liés au répertoire pour Disklavier.

Les archives se présentent sous forme de dossiers organisés selon une logique chronologique ou événementielle (dates de concerts, de résidences, collaborations).

Exemples : « DuetPianoRissetMax4.5Nov05 », « DuetMaxMSP4Stanford07Rob 2. »

Ces noms suggèrent une organisation contextuelle, où chaque dossier est lié à une occasion facilement identifiable de l'agenda du compositeur.

On retrouve notamment à l'intérieur de ses dossiers :

---

[329] Deux archives communautaires importantes permettent l'accès aux logiciels anciens pour Macintosh : *Macintosh Garden* https://macintoshgarden.org, et *Macintosh Repository* https://www.macintoshrepository.org. Ces deux plateformes rassemblent des systèmes d'exploitation, logiciels, jeux et utilitaires issus des environnements Macintosh 68k, PowerPC et Mac OS Classic. Ces deux sites constituent aujourd'hui des ressources très utiles pour l'étude, la restauration ou la réactivation de pratiques liées à l'informatique des années 1980 à 2000.

[330] CATALOGUE DU FONDS D'ARCHIVE JEAN-CLAUDE RISSET [en ligne]. Laboratoire PRISM, s.d. Disponible à l'adresse : https://www.prism.cnrs.fr/ressources/fonds-jean-claude-risset/ (consulté le 30 septembre 2025).

[331] TIFFON, Vincent. « Jean-Claude Risset and his interdisciplinary practice: what do (or could) the archives tell us ? », *CMMR*, Marseille, France, 2019. ⟨hal-02371266⟩

- des patchs Max illustrant des dispositifs techniques variés ;
- des installateurs de Max versions 2, 3 et 4 ;
- des librairies d'abstractions, avec ou sans lien direct aux œuvres mais caractéristiques de différentes époques

9.2.3 Validation de l'horodatage

Malgré les multiples transferts de données entre systèmes (Mac 68k, PowerPC, Intel) et supports physiques (disquettes, CD-ROM, disques durs externes, clés USB), les horodatages des fichiers présents dans les archives de Jean-Claude Risset ont été préservés avec une précision remarquable. Cette conservation, loin d'être anodine, constitue un axe précieux pour l'analyse des processus de création numérique. En croisant les métadonnées temporelles avec les noms de dossiers, les versions de Max employées et les événements documentés (résidences, concerts, collaborations), il est possible d'établir une cartographie à la fois technique et historique du corpus.

Ces données permettent de reconstruire la temporalité propre au processus de composition, de révision et de maintenance. Elles rendent visible la stratification logicielle du travail de Risset, marquée par des séquences de réactivation qui ne relèvent pas seulement de contraintes techniques, mais parfois d'une reprise d'écriture, d'une nouvelle occasion de concert, ou d'un changement d'environnement technologique. Cinq pics d'activité significatifs peuvent ainsi être dégagés : la création initiale en 1989 au MIT ; la reprise autour de 2001 avec les premières tentatives de portage ; un regain en 2003 ; une phase de préparation de performance en 2009 ; enfin, la période 2012-2014, marquée par la tentative de mise à jour des patchs avec l'aide de collaborateurs extérieurs. Il ne s'agit là que d'une constatation reposant sur les dates de création des fichiers présents dans le corpus. Ces pics ne sont pas nécessairement en corrélation avec la phase « de création », mais indiquent une activité qui peut tout aussi bien relever de la simple maintenance visant à dupliquer les fichiers pour assurer leur disponibilité. Néanmoins ce souci est souvent corrélé à un événement (concert ou résidence). L'analyse fine des modifications de fichiers, croisée avec leur contexte, permet d'identifier non seulement les temps forts de l'activité logicielle, mais aussi les zones de stabilité. Ces plages de non-modification sont également significatives, car elles témoignent d'un état jugé fonctionnel, ou bien d'un abandon temporaire. En ce sens, le corpus peut être abordé comme une entité vivante, traversée par des cycles de vie logiciels qui renvoient autant à l'état de la technique qu'aux temporalités biographiques du compositeur. Les figures 40 et 41 présentent les fichiers retrouvés puis nettoyés dans les archives numériques de Risset, correspondant aux pièces composées pour Disklavier.

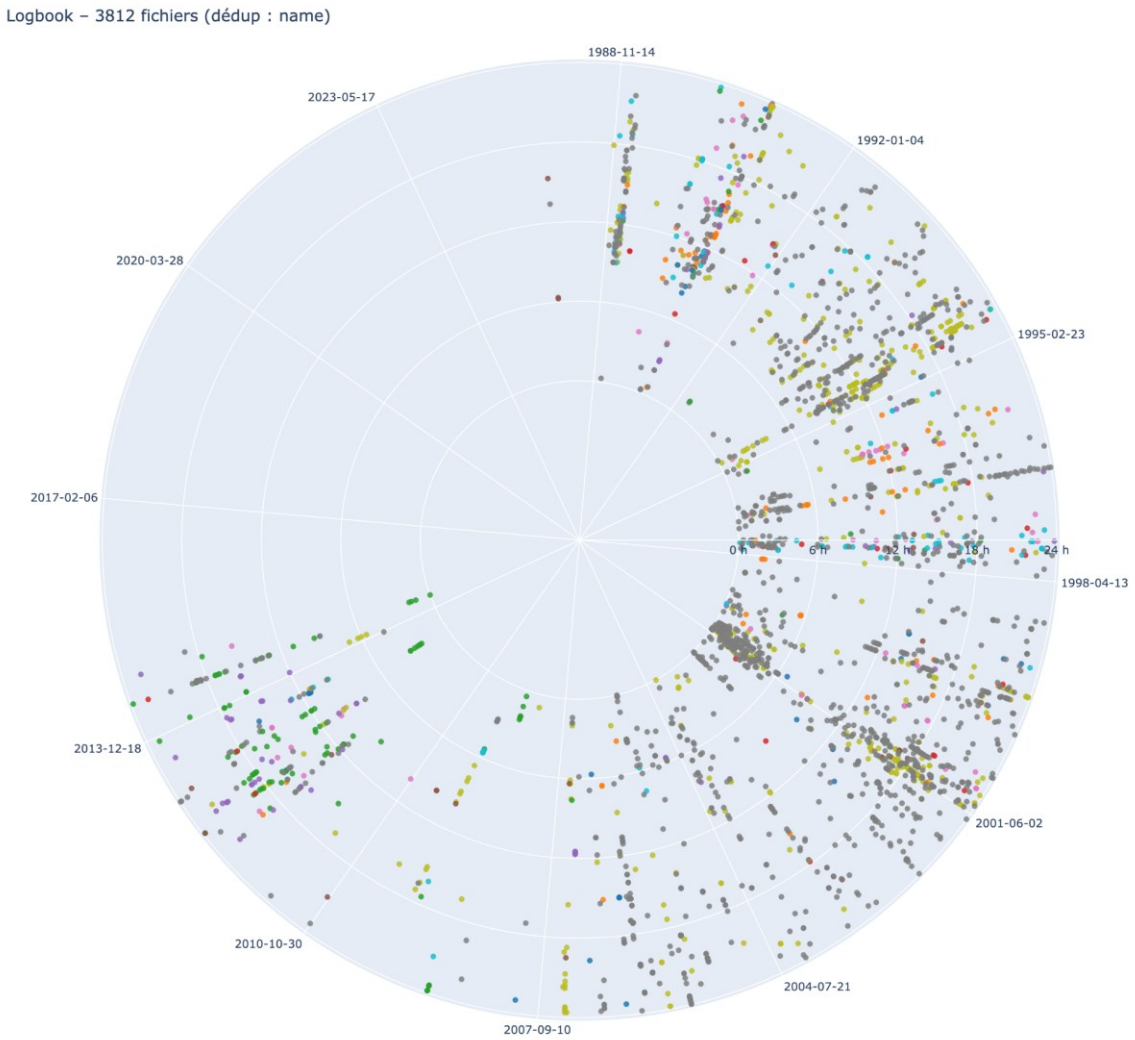


Figure 40 : diagramme de représentation des fichiers créés de 1988 à 2014, chaque point représente un fichier placé sur le diagramme selon sa date (azimuth) et son heure de création (rayon), sur la version html de ce diagramme, le survol à la souris permet d'obtenir le nom, le type et l'adresse du fichier. Source : Maxence Mercier (2025), annexes Corpus Risset Disklavier file_radial_histogram.html

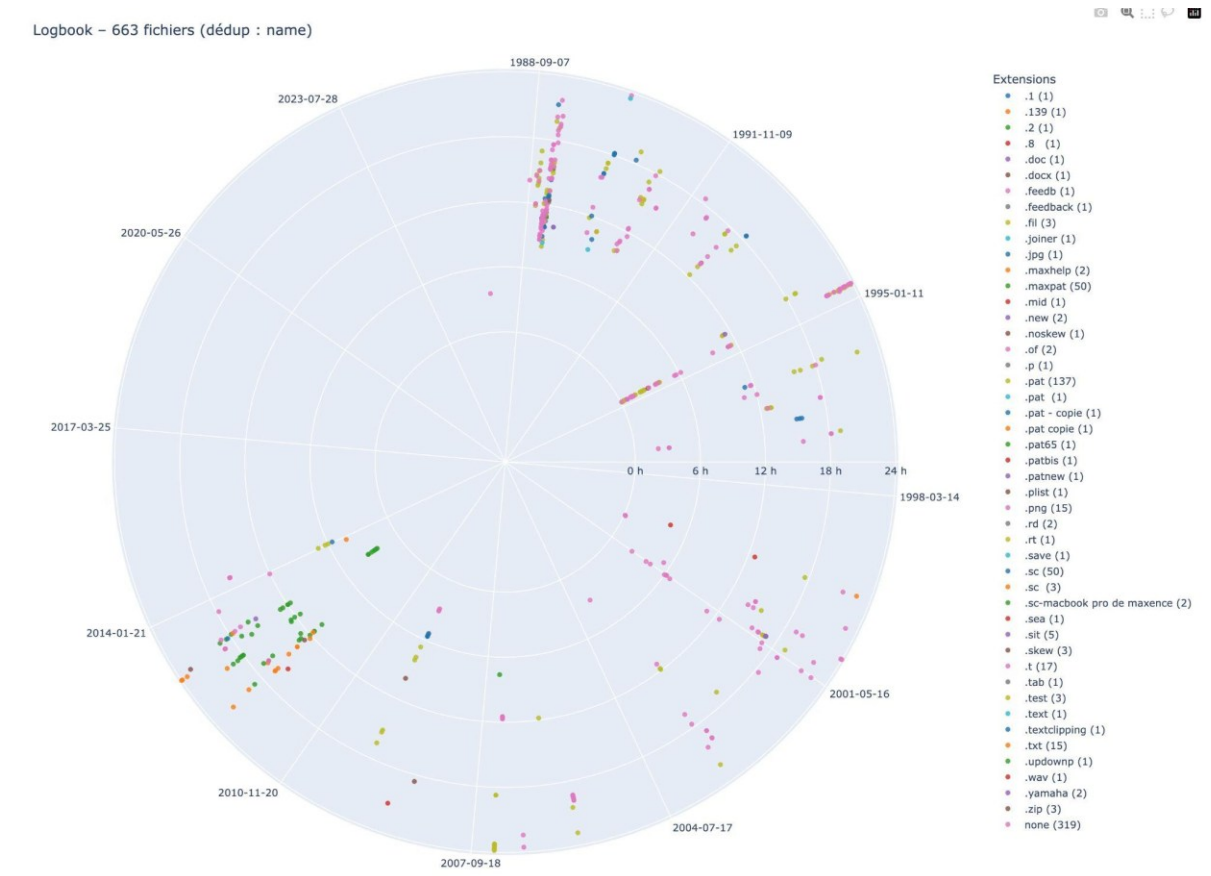


Figure 41 : Diagramme de représentation des fichiers créés de 1988 à 2014 après suppression des doublons et nettoyage des fichiers non liés à l'écriture de Risset. On observe qu'il y a 50 fichiers. maxpat (Max 5 et supérieurs), 138 fichiers. pat (Max 4 et antérieurs), 51 fichiers. sc correspondant à des séquences MIDI, et 319 fichiers sans extension, correspondant pour la plupart à des fichiers binaires créés nécessitant l'OS et les applications d'origine pour réellement découvrir leurs contenus. Source : Maxence Mercier (2025), annexes Corpus Risset Disklavier file_radial_histogram.html

La figure 42 illustre un premier tri, limité aux premières occurrences de chaque nom de fichier rencontré. Elle est présentée à titre indicatif, car la suite de l'étude et les figures suivantes ne tiennent pas compte de cette réduction : Risset n'a jamais disposé d'outils lui permettant d'opérer un tel traitement, et ce type de sélection fait perdre la trace des logiques de duplication successives. En effet, sa stratégie de sauvegarde reposait sur la copie ou l'indentation entière de dossiers, ce qui rend visible des événements de déplacement ou de duplication, sans pour autant impliquer la modification ou la création de nouveaux fichiers (par exemple les patchs Max au format. pat ou. maxpat). Le processus de sélection et de réduction est ici présenté à travers le script Python duplicate-folder-without-dup.py, disponible en annexe. Ce programme permet de supprimer automatiquement les doublons afin de ne conserver qu'une occurrence de chaque fichier, selon trois modes de comparaison (nom, signature ou empreinte numérique). Les fichiers retenus sont ensuite copiés dans un nouveau dossier cible, en respectant l'arborescence initiale. Une telle réduction simplifie considérablement l'analyse en limitant la masse de données à traiter, tout en mettant en évidence des fichiers isolés, parfois présents dans un seul exemplaire au sein d'une accumulation redondante. Cette sélection de fichiers est disponible en annexe dans le dossier « Risset_Archive_Duet ».

Les résultats de ce tri sont visualisés dans une dernière illustration, qui met en lumière les heures de création des fichiers sur les azimuts du diagramme, alors que le rayon indique les années. On observe une faible activité entre 3 h et 9 h du matin sur près de trente ans, ce qui laisse supposer que les horodatages sont cohérents. Certaines périodes de travail se répartissent manifestement la journée en 1989, la nuit en 1997, l'après-midi et le début de soirée en 2012/2014.

Figure 42 : Diagramme polaire représentant la distribution chronologique des dates de création des fichiers du corpus pour Disklavier. Les azimuts indiquent les heures de la journée, tandis que le rayon correspond aux années. source : Source : Maxence Mercier (2025) file_radial_switchaxes.html

Sur la figure 43, le survol de chaque point représenté dans le diagramme dans sa version HTML permet d'identifier le fichier avec ses informations.

Figure 43 : survol d'un point du diagramme avec la souris, permettant de visualiser les informations du fichier. Source : Maxence Mercier (2025)

9.2.4 Obstacles techniques et limites du portage

Une correspondance de 2012 entre Risset et David Zicarelli atteste de ses difficultés à porter ses patchs sur des versions récentes de Max. Risset relate sa frustration de ne pas pouvoir continuer à composer pour le Disklavier, bien qu'ayant encore des idées pour de nouvelles œuvres. Il mentionne également l'impossibilité d'acquérir une licence pour les versions antérieures de Max, du fait de l'incompatibilité de ces programmes sur les ordinateurs récents. Cet échange révèle un profond paradoxe : alors que Risset est l'un des pères fondateurs de la musique informatique, il est retrouvé démuni face à l'obsolescence logicielle de ses propres outils. Le soutien ponctuel de certains collaborateurs, notamment Robert Dudas, Rob Hamilton puis Antonio Sousa Dias, aura néanmoins permis de maintenir l'essentiel du répertoire pour Disklavier.

Mais ce courrier révèle un aspect qui va justifier l'intérêt d'une analyse approfondie des fichiers présents dans ses archives. Risset fait part d'une modification de Max menant à l'abandon de la distinction entre majuscules et minuscules dans la dénomination des objets. Cette transformation semble l'avoir empêché d'exécuter certains de ses programmes. Or cette transformation de Max date de 1988, entre une version réservée à un usage interne à l'Ircam « Max 2 alpha » et la version officielle de Max 2 qui sera commercialisée en 1989 par Opcode. Depuis, d'autres problèmes sont apparus — mais ils étaient surmontables (format binaire lié à l'architecture 68k et à macOS qui devait être converti en format texte pour être ouvert par des systèmes macOS X par exemple). Risset semble donc avoir des patchs qu'il ne pouvait plus exécuter, datant de cette petite période entre 88 et 89. Cette période correspond au dates de sa résidence au MIT lorsqu'il réalise les premières pièces de ses *duos pour un pianiste*. Nous retrouverons effectivement au moins un patch, nommé « *Stochattop* » qui n'aura peut-être jamais été ré-ouvert depuis février 89. Nous l'analyserons dans ce chapitre, dans une version remise à jour, 36 ans plus tard.

Ce premier constat ne fait que confirmer la nécessité d'interroger en permanence les modalités de réalisation des œuvres mixtes, ceci afin de pouvoir maintenir leurs processus interactifs dans le temps long.

9.2.6 Virtualisation

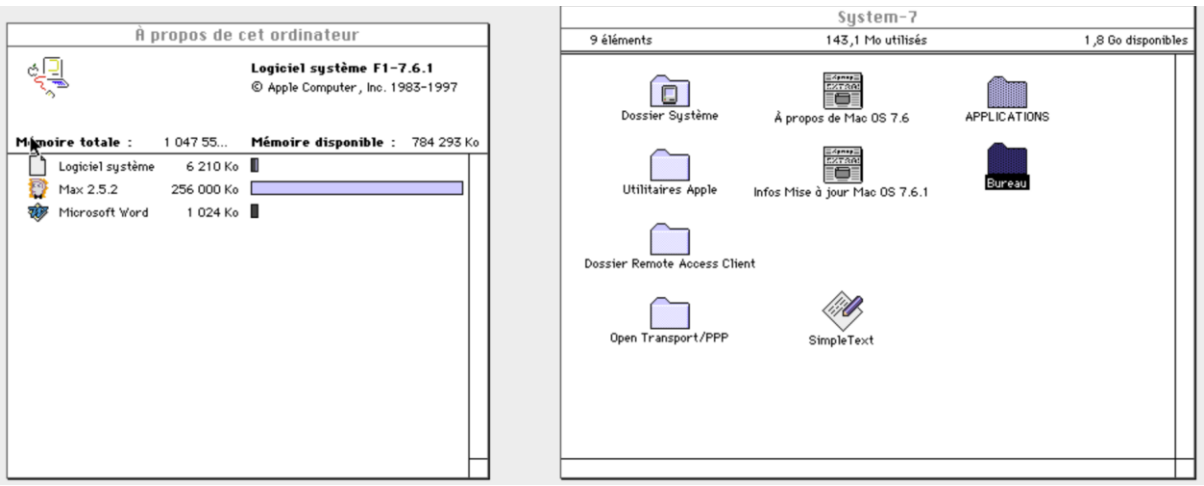


Figure 44 : La virtualisation sous Basilisk2 permet d'utiliser un Mac Perfoma surpuissant qui n'a jamais existé : affichage 4k, 1go de mémoire vive, plusieurs To d'espace disque, mais toujours pas de clic contextuel à la souris… Source : Maxence Mercier (2025)

L'émulation du système 7.6.2 au sein de l'environnement Basilisk II permet aujourd'hui d'explorer des configurations radicalement étendues par rapport aux contraintes matérielles historiques des Macintosh à architecture 68k. Cette virtualisation offre non seulement une grande stabilité, mais elle autorise également une gestion de la mémoire largement supérieure à celle que permettaient les machines originales (figure 44). Les premiers processeurs Motorola 68000 n'adressaient que 16 Mo de mémoire vive en raison de leur espace d'adressage limité à 24 bits[332], tandis que les générations suivantes (68 020, 68 030, 68 040) supportaient théoriquement jusqu'à 4 Go, à condition d'intégrer une unité de gestion mémoire (MMU), souvent absente ou désactivée sur les modèles commerciaux d'entrée ou de milieu de gamme[333]. Même les Macintosh haut de gamme comme les Quadra 950 ou certains modèles AV, bien que physiquement capables d'accepter des extensions jusqu'à 256 Mo de RAM, se heurtaient aux limitations fixées par la ROM, le système d'exploitation ou encore les politiques de segmentation de marché d'Apple[334]. Jusqu'à System 7.1, la gestion mémoire restait élémentaire, sans véritable mémoire virtuelle ; ce n'est qu'avec les versions 7.5 et 7.6 que fut introduit un gestionnaire mémoire virtuel plus sophistiqué, encore limité dans ses effets réels[335]. Dans certains cas documentés, des configurations internes chez Apple ou à destination de ses partenaires industriels exploitaient des architectures mémoire étendues, en particulier pour des usages spécifiques comme la vidéo ou les tests en laboratoire, mais ces possibilités restaient largement

[332] Motorola Inc., M68000 8-/16-/32-Bit Microprocessors User's Manual, 1990, consultable via http://bitsavers.trailing-edge.com/components/motorola/68k/

[333] Apple Computer Inc., Technote TN1009: Memory in Macintosh Computers, 1993, consulté via Internet Archive : https://web.archive.org/web/20070118093313/http://developer.apple.com/technotes/hw/hw_09.html. (consulté le 22 aout 2025)

[334] Maximum RAM by Mac Model, Low End Mac, https://lowendmac.com/ram/ (consulté le 22 aout 2025)

[335] CLAPP, Doug. « Virtual Memory in System 7 », *MacTech Journal*, vol. 7, n° 3, 1991.

inaccessibles au marché[336]. Ce contexte permet de mieux mesurer la portée de l'émulation : en utilisant Basilisk II, il est désormais possible de configurer une machine virtuelle avec plusieurs gigaoctets de RAM, un espace disque de plusieurs centaines de Go, et une stabilité d'exécution telle que l'analyse de corpus massifs — comprenant plusieurs milliers de fichiers — où des systèmes d'écriture assistée par ordinateur devient non seulement envisageable, mais fluide et reproductible. Cette situation inédite autorise une relecture des logiciels historiques non pas comme des artefacts figés dans un cadre obsolète, mais comme des environnements dynamiques, rendus disponibles à la recherche par des outils qui déjouent les logiques de bridage, et réactivent les potentialités latentes des systèmes passés[337].

Les deux figures ci-dessous (45 et 46) illustrent le confort procuré par l'utilisation de l'émulateur Basilisk II. Les capacités théoriques maximales de MacOS 7.6.2 y sont exploitées, permettant à Max de bénéficier d'un espace mémoire vive de 256 Mo et d'un affichage en résolution 4K. La relative simplicité de ce système, bien qu'il soit dépourvu des développements ergonomiques introduits depuis, offre un environnement de travail d'une sobriété telle qu'elle invite à reconsidérer son potentiel pour une pratique musicale dénuée de distractions numériques.

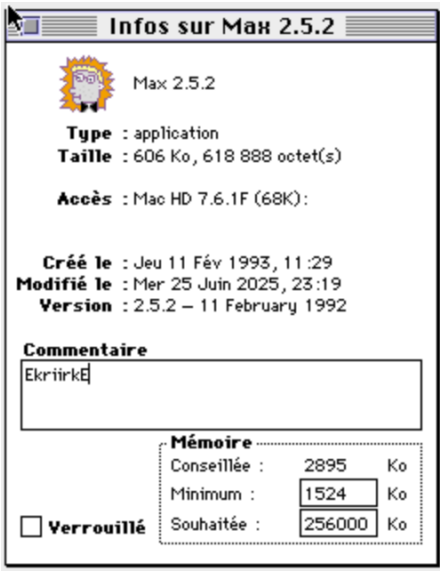


Figure 45 : Max 2.5.2, simple et efficace, à l'aise avec 256 mo de mémoire vive en 2025. Source : Maxence Mercier (2025)

[336] HERTZFELD, Andy. *Revolution in the Valley: The Insanely Great Story of How the Mac Was Made*, O'Reilly, 2004, chap. 24, voir aussi https://www.folklore.org/ (consulté le 22 aout 2025)

[337] Basilisk II Project, documentation et fichiers de configuration, GitHub, https://github.com/cebix/macemu Voir notamment les options d'allocation mémoire dans le fichier BasiliskII_prefs.

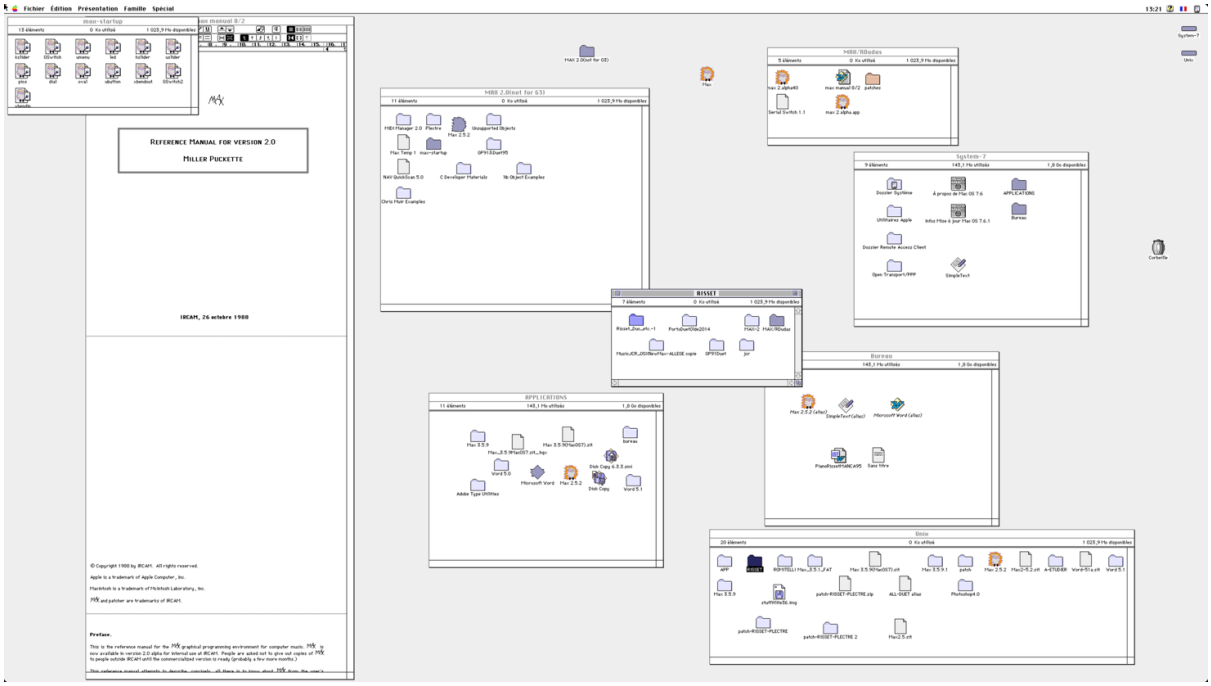


Figure 46 : MacOS system 7.6.2 sur un écran 4k en 2025 émulé par BasiliskII

9.2.7 La migration du logiciel Max de Paris à la Californie

À la fin des années 1980, l'IRCAM disposait avec Max — encore appelé Patcher dans ses premières versions internes (puis la version 2 alpha de 1989 renommé Max) — d'un outil innovant de composition interactive en temps réel, utilisé dans les premières œuvres mixtes de Philippe Manoury, telles que Jupiter (1987). Conçu par Miller Puckette, le logiciel reposait sur un langage graphique permettant de relier des modules de contrôle et de traitement en temps réel, et constituait ainsi un prolongement des recherches sur l'informatique musicale menées au sein de l'institut[338]. Toutefois l'IRCAM, dont la mission première est la recherche et la création, n'avait pas vocation à assurer la diffusion commerciale et la maintenance d'un logiciel à grande échelle. La pérennité et l'évolution du programme nécessitaient un transfert vers une structure industrielle capable de répondre à la demande croissante d'une communauté internationale de compositeurs et de musiciens.

C'est dans ce contexte que l'IRCAM concéda en 1990 une licence d'exploitation à la société californienne Opcode Systems, spécialisée dans les logiciels de musique assistée par ordinateur[339]. Cette décision permettait d'assurer la diffusion du logiciel au-delà du cercle restreint des chercheurs et compositeurs liés à l'institut, tout en garantissant son adaptation aux évolutions rapides des environnements informatiques. Le transfert marqua également un changement symbolique : Patcher fut rebaptisé Max, en hommage à Max Mathews, figure pionnière de

[338] *Ibid.*

[339] WRIGHTSON, Kendall. « The Max Factor, Opcode Max Software, Sound On Sound » - Jul 1991 https://www.muzines.co.uk/articles/the-max-factor/7459 (consulté le 15 aout 2015)

l'informatique musicale[340]. Sous la responsabilité de David Zicarelli, qui rejoignit Opcode avant de fonder Cycling 74 quelques années plus tard, Max s'inscrivit progressivement dans une dynamique de développement ouverte à une communauté élargie de praticiens de l'informatique musicale[341].

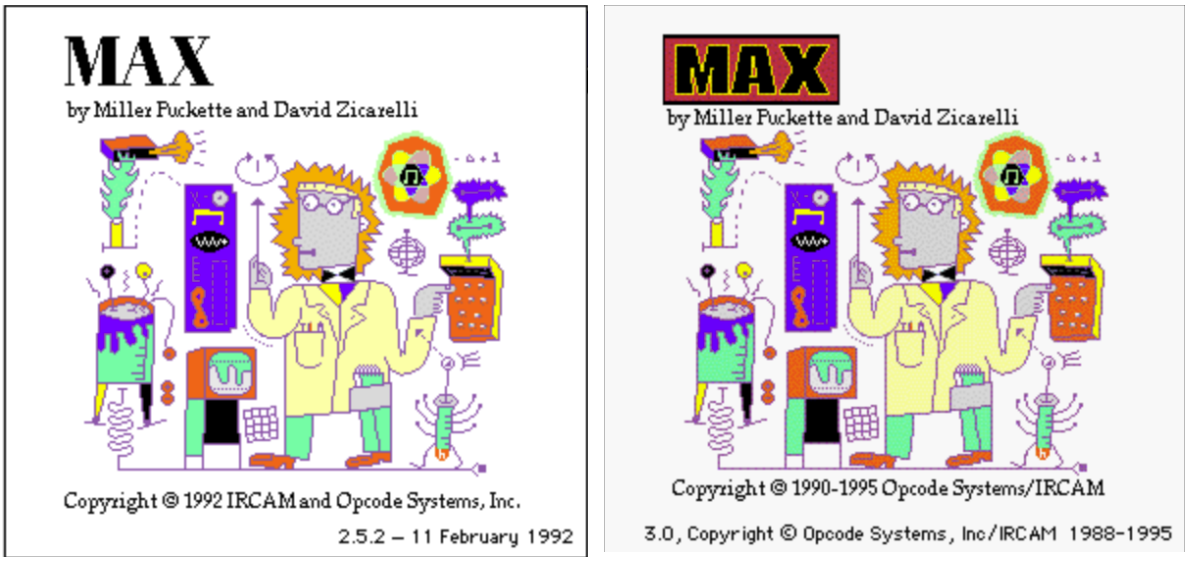


Figure 47 : Les Splash Screen de Max version 2 et 3 utilisés pour charger les plus vieilles versions des patchers du disklavier. Source : opcode

N'ayant pas eu accès à une version fonctionnelle de la version Alpha de Max 2 utilisée par Risset en 1989, j'ai réussi à trouver sur les sites communautaires[342] une version de Max 2.5.2. Elle a permis d'ouvrir quasiment tous les patchers d'origine du corpus de Risset, avec parfois quelques erreurs qui ont nécessité de rétablir les connexions, voir la figure ci-dessous. Une autre version de Max 3,0 a permis, elle, de convertir les patchers au format Max 2 vers un format interprétable par les dernières versions de Max (figure 47). Max 3 offre à l'utilisateur de choisir un format d'enregistrement « Text » qui n'est pas dépendant de la machine. Les précédentes versions de Max enregistraient les fichiers sous forme binaire ce qui exige parfois de reconstituer l'écosystème d'origine, à savoir une machine 68k sous OS7[343]. Les dernières ver-

[340] ZICARELLI David. « How I Learned to Love a Program That Does Nothing ». Computer Music Journal, vol. 26, n° 4, 2002, p. 44-51. doi : 10.1162/014892602320991365

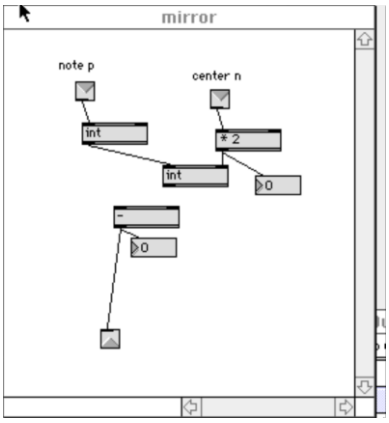
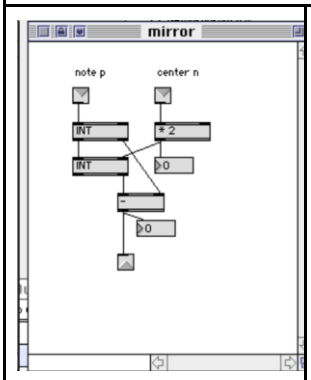
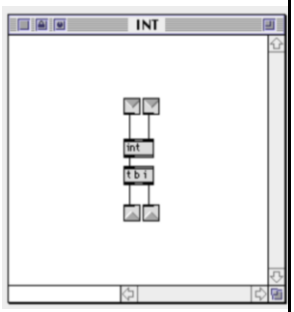
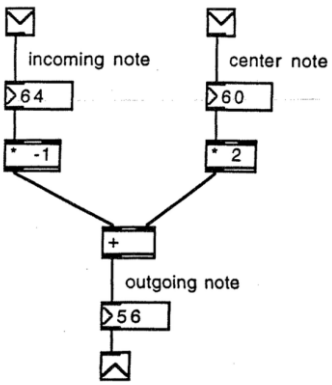
[341] *Ibid.*

[342] version 2.5.2 disponible sur https://macintoshgarden.org/apps/max-3 (consulté le 16 août 2025)

[343] BONARDI Alain, BARTHÉLEMY Jérôme, « Le patch comme document numérique : support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance », *CIDE 10*, Nancy, 2007, p. 163-174, https://hal.science/hal-01161067 (consulté le 16 août 2025). Dans cet article, les auteurs rapportent les propos de Miller Puckette, qui invite à enregistrer les patchs Max au format ASCII plutôt qu'en binaire, afin d'en faciliter le portage sur de nouvelles machines. voir : PUCKETTE, Miller, « New Public-Domain Realizations of Standard Pieces for Instruments and Live Electronics. » *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Miami, 2004

sions « Classic » de Mac OS, la version 9.2.2 même sous architecture PowerPC, devait en théorie permettre d'exécuter les plus vieux fichiers de Risset, mais certains fichiers récalcitrants n'ont pu livrer leurs secrets qu'avec l'environnement d'origine, le system 7.

9.2.8 Une même fonction pour quatre implémentations à travers le temps

	Patch mirror (29 janv 89) créé avec la version Alpha de Max 2 (1988) ouvert dans la version Mac 2.5.2 (1992) Le patch n'est pas fonctionnel et nécessite la version Max 2 alpha de 1988. Dans l'état, il se charge mal, les connexions ne sont pas correctement interprétées, si bien que le patch n'est pas fonctionnel.
 	Patch modifié (13 oct. 94) par Richard Dudas, avec une abstraction ajoutée dans le dossier utilisateur permettant d'utiliser les patchs d'origine presque sans modifications, hormis la conversion des fichiers binaires en mode texte.
	L'illustration de l'article publié au *Computer Music Journal* qui montre le même algorithme en 1996. L'exemple n'a cependant jamais été implanté de cette façon, il s'agit d'un patch créé uniquement pour cette illustration[344].

[344] RISSET, Jean-Claude, and VAN DUYNE, Scott. « Real-Time Performance Interaction with a Computer-Controlled Acoustic Piano. » *Computer Music Journal* 20, no. 1 (1996): 62–75. https://doi.org/10.2307/3681273

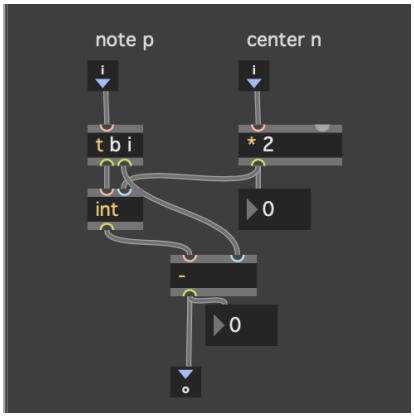
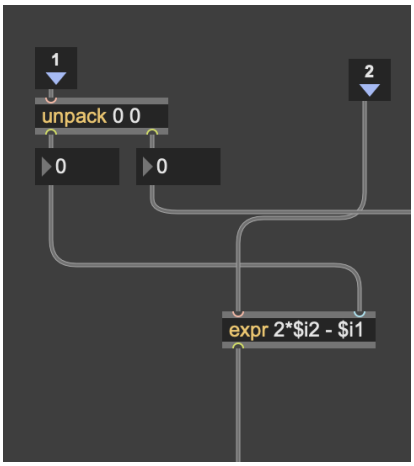
	Implémentation par Richard Dudas en 2009
	Implémentation en 2011 par André V. Perrotta, Samuel van ransbeeck, Antonio de Sousa Dias, Sofia Lourenço

Tableau 7 : Différente implémentations de la fonction « mirror » à travers les mises à jour. Source : Maxence Mercier (2025) d'après les patchs des auteurs cités.

9.2.9 Différence d'encodage des fichiers entre Max 2 alpha et la version stabilisée

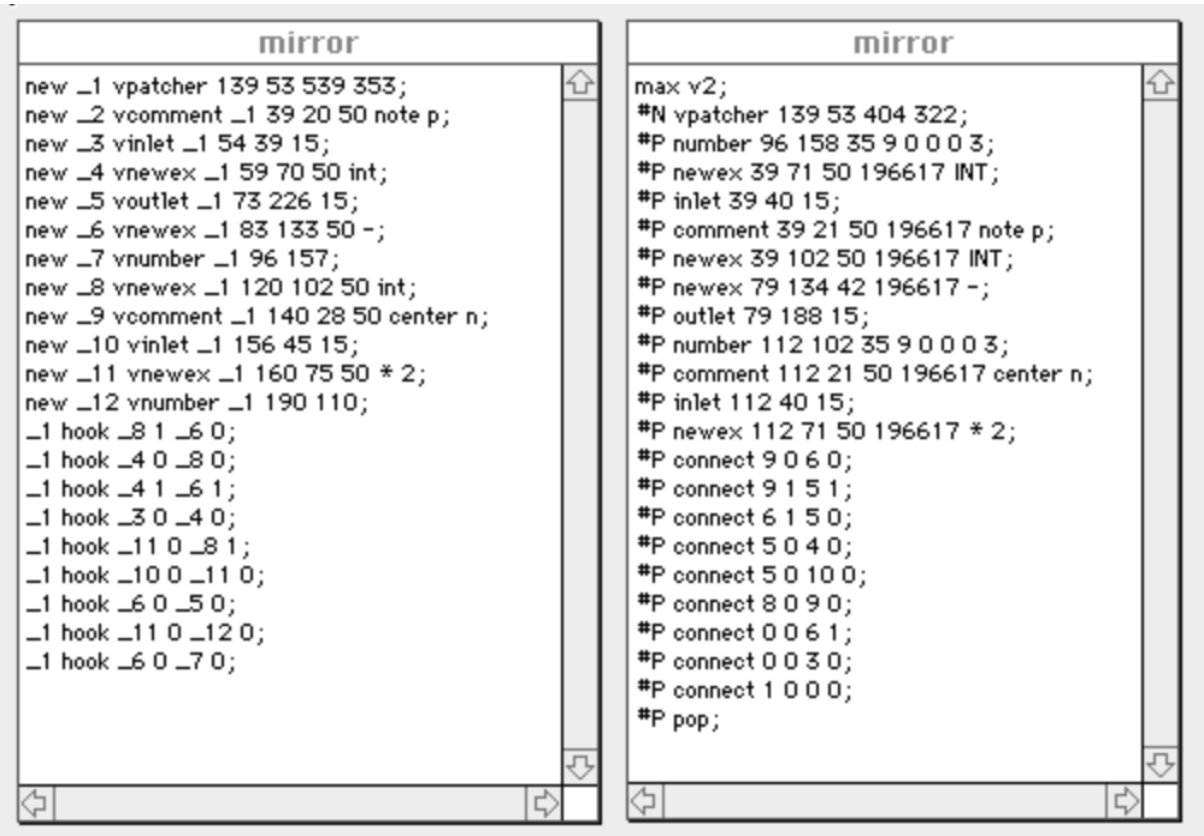


Figure 48 : Les patchs mirror ouverts en mode « Text » : à gauche la version de 1989 créée avec la « version Alpha de Max 2 », à droite celle de 1994 modifié par Richard Dudas pour « Max 2 et 3 ». Source : Maxence Mercier (2025), archive numérique Risset.

La raison principale pour laquelle les patchs d'origine ne pouvaient pas être ouverts correctement dans la version commerciale de Max tient au changement de formatage de la structure du patch entre les deux versions. Cette modification affecte à la fois la définition des objets et leur mode de connexion. Un interpréteur est certes présent pour permettre le chargement graphique des patchs, mais les connexions entre objets apparaissent désordonnées. La figure 48 illustre ces changements à travers la structure du programme mirror : à gauche la version d'origine, et à droite la version mise à jour par Richard Dudas en 1994. Cela laisse supposer que JCR a continué à utiliser une version alpha de Max 2 jusqu'en octobre 1994. L'application accompagne en effet plusieurs dossiers d'archives contenant des patchs destinés au Disklavier. La figure 50 présente la liste de ces applications ainsi que leurs dates de création. La figure 50 présente les options d'enregistrement d'un patch dans Max 3. La fenêtre, similaire dans Max 2, permet trois modes : binaire (Normal), ancien format (Max 2, version Opcode) et « Text », ce dernier sea privilégié pour assurer la pérennité des fichiers.

max 2.alpha.app	32 Ko	application	–	Mer 16 Nov 1988, 16:42
max 2.alpha40	32 Ko	application	–	Mar 20 Juin 1989, 13:32

Figure 49 : Les deux versions alpha que Risset a probablement utilisées entre 1989 et 1994, les deux fichiers sont corrompus dans toutes les archives. Source : Maxence Mercier (2025), archives numériques Risset

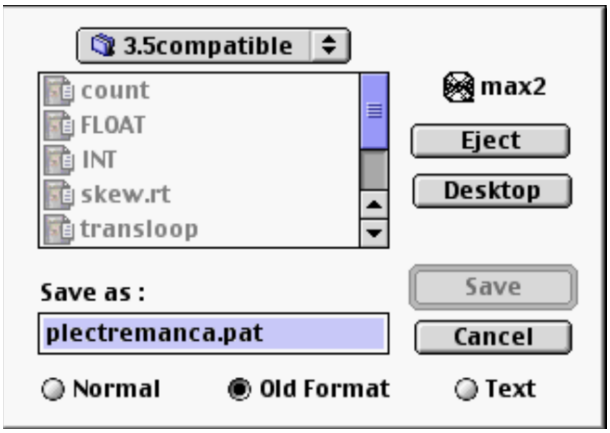


Figure 50 : Fenêtre d'enregistrement de Max 3, trois formats disponibles qui seront compatibles avec Max 4 si enregistré en mode « Text ». Les patchs d'origine sont dans un autre format qui ne figure pas dans cette liste. Source : Maxence Mercier (2025)

La figure 51 présente l'organisation des dossiers telle qu'elle devait être réalisée manuellement par Risset. Ces informations sont stockées par le Finder dans les fichiers cachés du volume Desktop DB et Desktop DF (base du Finder) ; les réglages globaux dans System Folder/Preferences/Finder Preferences ; et certains drapeaux (FInfo/FXInfo, DInfo/DXInfo) dans le catalogue HFS.

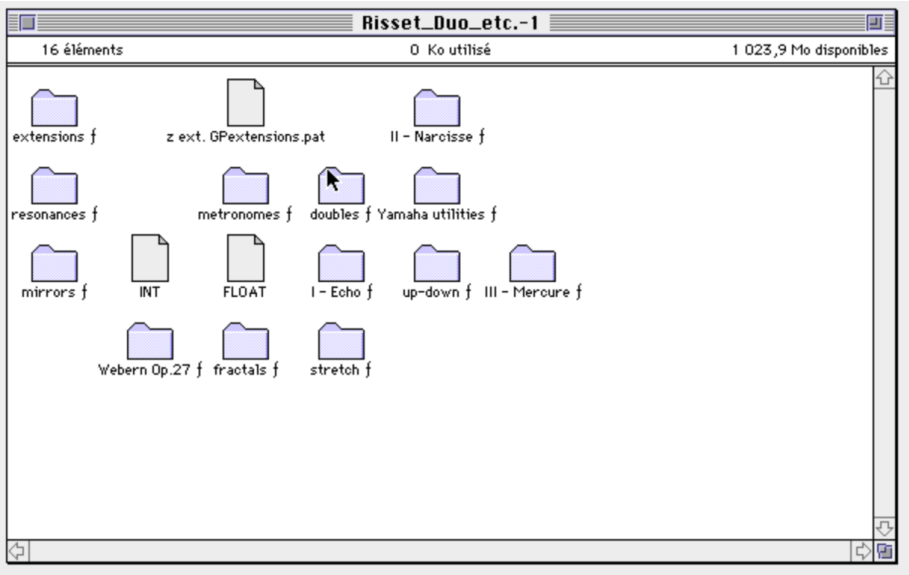


Figure 51 : Organisation probable en 1994, dossier ouvert sous système 7 émulé avec Basilisk II. Source : Maxence Mercier (2025), archives numériques Risset

9.3 Les archives numériques de Jean-Claude Risset sur le Disklavier

9.3.1 Approche diachronique

L'approche diachronique constitue un cadre opératoire pertinent pour l'analyse des environnements numériques en contexte de création musicale, dans la mesure où elle permet de suivre les transformations successives des fichiers au sein d'un même processus. Elle ne se limite pas à la localisation temporelle des artefacts (comme le propose une lecture chronographique), mais engage une observation des ajustements progressifs, des reprises structurelles et des reconfigurations techniques. Cette démarche rejoint les travaux de Bruno Bachimont sur la « logique de la trace » et la mémoire des processus numériques[345] : il y souligne que l'enregistrement d'une œuvre numérique ne fige pas un état, mais conserve les conditions de sa reconfiguration future. La trace y devient le support d'une intelligibilité technique et esthétique, permettant de penser l'œuvre non comme un objet clos, mais comme un devenir inscrit dans un système d'interprétations successives.

Les représentations visuelles qui suivent ont fait l'objet d'un développement de script Python pour parcourir les archives numériques afin de générer des statistiques représentées sous forme visuelle. Les codes de ces scripts sont disponibles sous formes numériques en annexe. Ils ne seront pas discutés dans ce manuscrit. Jusqu'à récemment je réalisais ce genre de représentation avec l'outil Max et son extension Jitter, le seul outil de programmation que je maîtrise pleinement. Néanmoins mes connaissances minimums en programmation me permettent de comprendre non pas totalement ce que la machine génère, mais ce que je lui demande. La pertinence des résultats peut ainsi être orientée en fonction de mon expertise des principales bibliothèques disponibles.

L'émergence des intelligences artificielles génératives, capables de produire du code standardisé, a profondément transformé mes pratiques en rendant caduque le recours à certains de mes outils antérieurs. Le langage Python, plus robuste pour ce type de tâches, s'est imposé comme environnement privilégié. L'usage d'IA pour générer le code m'a permis d'accéder à des réalisations qui auraient été sensiblement plus complexes à mettre en œuvre avec mes seules compétences en programmation. Le code produit n'est pas reproduit dans ce manuscrit, mais les instructions (prompts) qui ont permis la génération des représentations statistiques présentées par la suite demeurent aisément reproductibles à partir des descriptions fournies.

[345] BACHIMONT, Bruno. *Patrimoine et numérique : Technique et politique de la mémoire*. Institut National de l'Audiovisuel (INA). « Médias et Humanités », 2017, 248 p.

9.3.2 Représentation statistique du corpus numérique du répertoire pour Disklavier.

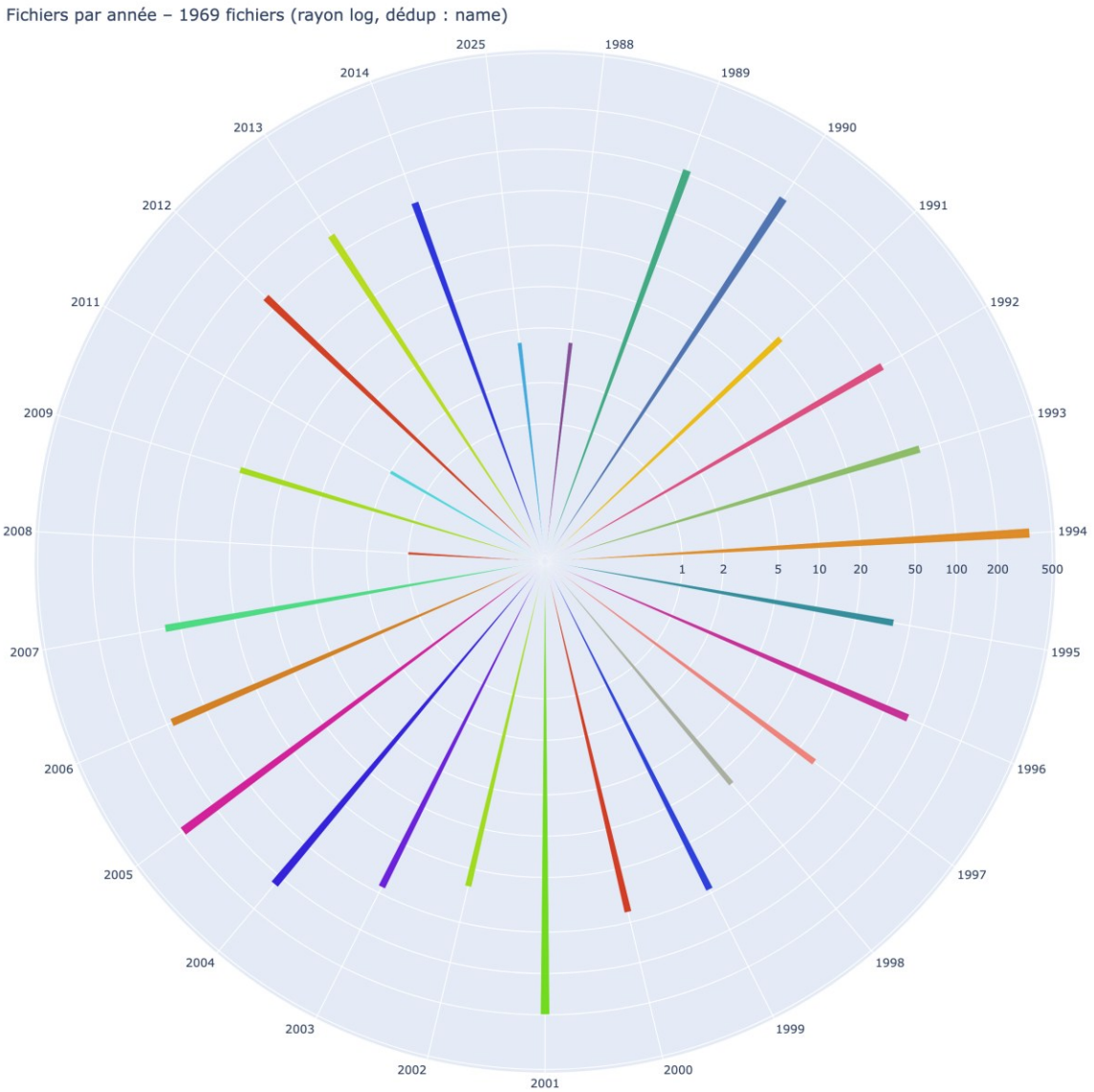


Figure 52 : Macro-représentation des fichiers créés de 1988 à 2014 par tranche annuelle. Source : Maxence Mercier (2025), annexes Corpus Risset Disklavier file_radial_histogram.html

La figure 52 représente le nombre de fichiers par année sur un diagramme circulaire. Ce type de représentation permet d'observer les disparités sur des périodes données : la vue par année est grossière, mais elle peut être affinée sur des périodes beaucoup plus courtes. On observe sur cette figure que les années les plus productives en création de nouveaux fichiers sont 1989, 1990, 1994, 2001, 2004, 2005, 2006, puis 2012, 2013 et 2014.

Néanmoins cette représentation n'est pas assez précise pour mesurer l'écart entre les différentes années. C'est pourquoi la figure 53 utilise une courbe logarithmique pour représenter plus finement — et visualiser plus facilement — les écarts de quantité. Là une lecture visuelle permet

d'identifier beaucoup plus facilement les années particulièrement chargées : 1989, 2001, 2005, 2008, et 2014. Nous verrons par la suite à quoi peuvent correspondre ces dates.

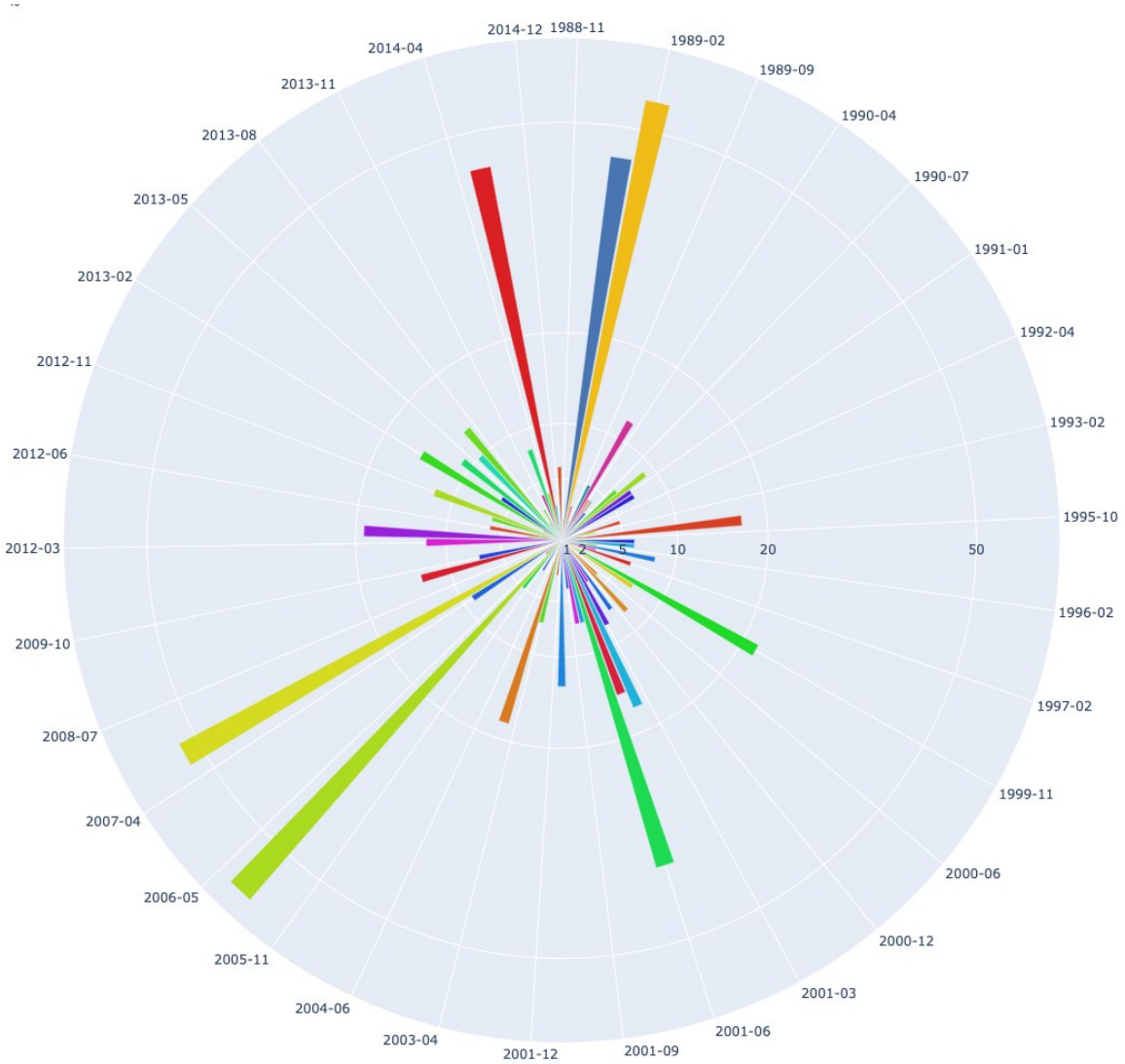


Figure 53 : Macro-représentation pondérée par gradient logarithmique des fichiers créés de 1988 à 2014 par tranche annuelle, Maxence Mercier (2025), annexes Corpus Risset Disklavier file_radial_mois.html

9.3.3 Dans l'intimité du travail journalier

L'analyse des corpus de données numériques issus de la création musicale permet d'accéder à une dimension intime du travail du compositeur. Lorsque les horodatages sont conservés, ils deviennent les indices d'une chronologie interne à l'œuvre numérique, révélant non seulement ses étapes de conception, de test ou de reprise, mais aussi les rythmes subjectifs de l'écriture et les points de rupture du processus créatif.

Dans le cas de Jean-Claude Risset, la structure même de ses fichiers témoigne d'un souci continu de maintenir fonctionnel le code informatique de ses créations pour Disklavier. Bien que l'ensemble des données concerne le traitement MIDI — la couche primitive et la plus immé-

diatement fonctionnelle de l'environnement Max — cette simplicité apparente masque toutefois une difficulté récurrente à maintenir les patchs en état de fonctionnement, difficulté accrue par l'évolution des architectures logicielles et l'absence d'un accompagnement technique adapté. Malgré la nature relativement circonscrite des problèmes (incompatibilités de format, pertes de dépendances, obsolescence des objets), ces obstacles ont conduit à des blocages technologiques empêchant JCR de réaliser de nouvelles créations. Les échanges épistolaires avec David Zicarelli, consignés par Risset lui-même dans un fichier texte, rendent perceptible cette frustration de ne pouvoir, seul, adapter ses outils aux versions récentes du logiciel.

Ce constat souligne un paradoxe fort : Risset, figure fondatrice de l'informatique musicale, dont le parcours a contribué à faire émerger l'idée même de musique assistée par ordinateur, se trouve dans la nécessité de solliciter une aide extérieure pour poursuivre un travail dont il avait lui-même participé à inaugurer les prémisses. Depuis les années 1960, il a été témoin de l'évolution technologique qui, loin de garantir une continuité, l'a toujours confronté à la problématique de la maintenance des programmes d'une génération technologique à une autre. La série des *Music-N* de Max Mathews a subi de nombreux portages d'une plateforme à une autre, nécessitant parfois de réécrire les codes sources depuis le début (*from scratch*) dans le cas de réécriture avec un autre langage.

A des degrés divers, quasiment tous les projets d'écriture algorithmique depuis les débuts de l'informatique musicale ont dû perpétuellement évoluer pour traverser ou contourner des vulnérabilités ou des besoins d'évolution structurelle. Cette tension entre maîtrise et perte de contrôle, entre solitude et interdépendance, est l'un des traits communs caractéristiques de la condition du compositeur numérique.

9.3.4 Approche Chronographique

Alors que l'approche diachronique vise une lecture interprétative des transformations dans le temps, en visualisant des évolutions sur une échelle linéaire, l'approche chronographique adoptée ici revêt une fonction principalement descriptive : la frise temporelle constitue une écriture du temps permettant d'indiquer avec précision la position de chaque fichier analysé au sein de la ligne chronologique (figure 54).

Figure 54 : Frise chronologique représentant le nombre de fichiers par date. La hauteur des barres est pondérée par un gradient logarithmique afin de visualiser les grands écarts de densité. Maxence Mercier (2025), annexes Corpus Risset Disklavier timeline mois.html

Les pics ne sont pas très informatifs, ils peuvent s'expliquer par une session de sauvegarde, un transfert sur une nouvelle machine, ou toute opération amenant à modifier les dates de création ou de modification de fichier. Ces représentations sont néanmoins utiles pour identifier des plages temporelles plus représentatives des périodes de création.

Ainsi, les paquets d'activité balisent une trajectoire temporelle qui démontre une réactivation régulière des patchs.

Les périodes où ne figure aucune activité peuvent également prêter à confusion. Plutôt qu'une inactivité, ces périodes peuvent informer d'une période stable (sans modification de fichier) contrairement aux périodes où des ajustements plus ou moins importants ont été nécessaires (changement de machine, de version de logiciel Max).

Cette représentation ne dit rien de la nature des opérations réellement effectuées, mais indique néanmoins un facteur de modifications que l'on pourra prendre en compte pour identifier des plages de temps propres au processus de maintenance de l'œuvre.

De nombreux autres types de représentations figurent en annexes. Elles ont servi à identifier les répertoires contenant des patchs et se sont révélées pertinentes pour l'analyse. Ces représentations, de nature interactive, offrent la possibilité de zoomer sur des plages temporelles afin de mieux saisir la dynamique de création des patchs. Un listing associé permet par ailleurs de visualiser l'adresse et l'emplacement des fichiers dans l'archive. Le lecteur est invité à consulter ces ressources. (Annexes Corpus Risset Disklavier)

Année	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Nombre	4	107	145	23	69	71	346	38	76	28	13	47	42
Année	01	02	03	04	05	06	07	08	09	11	012	13	14
Nombre	199	27	45	117	195	92	65	1	21	2	63	69	60

Tableau 8 : Récapitulatif du nombre de fichiers créés (ou dupliqués/recréés) par années. Sources : Maxence Mercier (2025)

D'après ce que nous avons appris de l'observation et de l'exploration du corpus, nous pouvons identifier les plages suivantes :

1989 Création des *Huit esquisses en duo pour un pianiste* (1989) 15 mn

1991 Création de *Trois Etudes en duo* (1991) 9 mn

1992 Probable achat d'un ordinateur portable. Dans ses échanges mail avec Maurizio Romito[346], Risset explique avoir acheté un Powerbook « très cher et très lent », mais qui lui permet de ne pas être dépendant d'ordinateurs Mac qu'il se faisait prêter par les structures qui l'accueillaient en concert. Seuls quelques modèles de l'époque fonctionnaient correctement avec le temps réel. Risset avait dû annuler certaines représentations du fait d'ordinateurs incompatibles avec Max.

1993 Création de *Trois études pour la main gauche* (1993)

Novembre 1994 Reformatage des patchs d'origine pour pouvoir être exécutés sur Max 2.5 et Max 3. Plusieurs fiches techniques attestent de ces pré-requis pour pouvoir jouer les pièces. A l'époque Risset envoie par la poste les disquettes du programme au pianiste ayant joué ses pièces.

Novembre 1995 Création de *Plectre* (1995) 6 mn

2000 Création de *Rebonds* 12 mn (avec percussion) et *Resonant sound space* (2001-2002)

2004 Création d'*Octant*

2005 Création de *Pentacle*, les archives numériques montrent de nombreuses prises de sons basées sur *Plectre*, qui aurait permis de réaliser la bande de *Pentacle* pour Clavecin

2006-2007 réalisation de différents matériaux en studio

2008-2009 réalisation puis création de *Multiples* 11mm40s

2010 Changement d'ordinateur

2013 nouvelles créations et travaux de portage avec l'équipe d'Antonio Sousa Dias

2014 Création de *Réfections*

[346] Biographie de Maurizio Romito https://fonologia.lim.di.unimi.it/anagrafica_scheda.php?id=1217 (consulté le 18 août 2025)

Cette liste est parcellaire car nos recherches se sont concentrées sur quelques pièces spécifiques (*Stochatop [1989], Plectre [1995], Multiple [2009]*) mais les outils d'exploration du répertoire que nous avons mis en oeuvre, couplés aux archives manuscrites, devraient permettre à l'avenir de comprendre finalement la granulation des périodes d'activités de créations de nouveaux fichiers.

9.3.5 Collaborateurs Informatiques

Depuis la création en 1989 des duos, dont la partie électronique à été assurée par Scott Van Duyne, plusieurs collaborateurs ont travaillé à réadapter les patchs Max d'origine pour qu'ils puissent fonctionner avec les nouvelles versions de Max. Voici la liste nominative telle qu'elle apparaît depuis les sources.

1989 Miller Puckette fournit une première version « bêta » de Max alors qu'il était chercheur à l'Ircam et au MIT

1989-96 Scott Van Duyne pour la résidence de création de JCR au MIT en 1989, écriture des huit premiers duos (1989), échange probable jusqu'en 1996 (écriture de l'article « Real-Time Performance Interaction with a Computer-Controlled Acoustic Piano » pour le Music Computer Journal)

Daniel Arfib dans les années 90 proche collaborateur et compositeur au LMA à Marseille, création des « trois études en duo » (1991), maintenance des versions avant Max 3.5

Richard Dudas à la fin des années 90 et jusqu'en 2008 (*Doubles, Mirrors, Métronomes*), conversion de Max3 à Max4, portage des « trois études » vers Max5 (*Echo, Narcisse, Mercure*)

2004 Nicholas Ong, un étudiant de Mari Kimura

2002-2008 Robert Hamilton

2012-2014 Antonio de Sousa Dias, André Perrotta et Samuel Van Ransbeeck, Sofia Lourenço

9.4. Catalogue officiel et bifurcation, pour Disklavier

9.4.1 *Huit Esquisses en duo*[347]

Piano acoustique interactif (type Disklavier de Yamaha) connecté à un ordinateur

Créé le 21 mai 1989, au Cube, M.I.T, Cambridge, États-Unis,

Les différents *Duos pour un pianiste* composés par Jean-Claude Risset ont été élaborés au cours de deux sessions de travail distinctes. La première, réalisée en 1989 au MIT, porte le titre *Duet for One Pianist — Eight Sketches for MIDI Piano and Computer*. Chaque esquisse y renvoie explicitement à un principe d'interaction particulier entre le jeu du pianiste et le traitement

[347] https://medias.ircam.fr/fr/work/huit-esquisses-en-duo-pour-un-pianiste

algorithmique. Les titres des pièces fonctionnent ainsi comme des indications opératoires, désignant la nature du processus mis en œuvre dans le dispositif informatique conçu à l'aide du logiciel Max.

La note de programme présente depuis 1989 les pièces de la façon suivante :

Double Le pianiste joue seul, puis à la reprise l'ordinateur ajoute des ornements. Ces ornements pré-enregistrés interviennent quand le pianiste joue certaines notes ; leur tempo peut être influencé par celui du pianiste.

Miroirs À chaque note jouée par le pianiste répond la note symétrique par rapport à une certaine note du clavier (procédé utilisé dans la seconde Variation op. 27 de Webern, citée au début et à la fin). Les centres de symétrie et les retards de réponse varient au cours de la pièce.

Extensions Aux arpèges joués par le pianiste, l'ordinateur ajoute des arpèges transposés.

Fractals À chaque note jouée, l'ordinateur ajoute cinq notes espacées d'une octave altérée. Les mélodies jouées par le pianiste sont étrangement distordues : une montée d'une octave est perçue comme une descente d'un demi-ton.

Agrandissements Comme dans *Extensions*, l'ordinateur ajoute des notes, mais les intervalles sont non pas transposés, mais agrandis dans des rapports allant de 1,3 à 2,7.

Métronomes Au début, l'ordinateur répond en canon, sur des hauteurs transposées et à des tempos plus rapides. Puis il joue simultanément plusieurs séquences à des tempos différents. Enfin il répète les mêmes hauteurs, à des tempos différents, soit établis à l'avance, soit décidés par le pianiste.

Up-down Des arpèges d'octaves altérées sont déclenchés par le pianiste, qui voit ses notes proliférer. Le tempo des arpèges est établi d'abord par le tempo du pianiste, puis par la note qu'il joue, enfin par l'intensité du jeu.

Résonances Au début et à la fin, l'ordinateur tient de longs accords. Dans la section médiane, le pianiste joue des accords muets : les cordes sont mises en résonance par les séquences jouées par l'ordinateur.

9.4.2 *Trois Études en duo*[348]

Pour un pianiste (avec ordinateur et Disklavier). Créée le 14 mars 1991 au Alice Tully Hall de la Juilliard School, États-Unis, New York,

La seconde session, réalisée en 1991, est intitulée *Trois études en duo* par Risset. Si le dispositif technique demeure identique à celui de la première session, cette nouvelle série introduit une dimension symbolique supplémentaire : les opérations musicales y sont associées à des figures

[348] https://medias.ircam.fr/fr/work/trois-etudes-en-duo

empruntées à la mythologie grecque, conférant ainsi aux processus algorithmiques une valeur métaphorique et narrative.

Echo L'ordinateur fait écho au pianiste, mais il ne s'agit pas d'une simple répétition : les échos sont transposés en hauteur et en tempo, et ils interviennent avec des retards variés. Cette étude tire parti des résonances sur la table d'harmonie des notes jouées par le pianiste aussi bien que par son partenaire virtuel.

Narcisse Ici la relation s'apparente à la réflexion par un miroir : les intervalles mélodiques sont renversés — une quarte devient une quinte et vice-versa. Le centre de symétrie est une note du clavier qui varie dans le courant de la pièce. La réflexion peut aussi intervenir avec un retard variable.

Mercure Il s'agit d'une sorte de scherzo dans lequel le pianiste déclenche des arpèges à différentes vitesses. Le tempo des arpèges dépend soit du tempo de certains groupes de notes jouées par le pianiste, soit de la hauteur, soit de l'intensité de son jeu. Les arpèges investissent l'espace des hauteurs un peu à la façon des formes d'un kaléidoscope.

Les archives Prism Fond Risset concernant ces pièces portent la référence : « N11_007 MAX/MSP/DISKLAVIER, full save, 1991 »

9.4.3 *Trois études pour la main gauche*[349]

1993, pour piano acoustique interactif (type Yamaha Disklavier) connecté à un ordinateur. Création à Paris pour le Festival Présence de Radio France

Canon

Trille

Fractalisé

Les archives physiques disponibles dans le fond Risset à Prism dans les boîtes W28 et W10_43 : *Trois études en duo* pour un pianiste

Ces pièces ont été très peu jouées mais les partitions et les patchs sont disponibles. Les patchs nécessitent néanmoins d'être mis à jour pour être exécuter correctement avec la dernière version de Max. Mise à jour qui pourra être faite en suivant les recommandations formulées en fin de chapitre.

9.4.4 Les Extrapolations

Si les deux précédentes séries *Trois Études en duo* (1991) et *Trois Études pour la Main gauche (1993)* sont des nouvelles compositions en utilisant pour la plupart les procédés élaborés pour les 8 premières pièces, les pièces suivantes sont réalisées dans une toute autre démarche. JCR

[349] https://medias.ircam.fr/fr/work/trois-etudes-pour-la-main-gauche

a utilisé de nouveaux processus hybrides et mixtes pour créer ses nouvelles pièces ayant recours au Disklavier.

Rebonds

Rebonds, pour piano interactif Disklavier et percussion, a été écrit pour Ancuza Aprodu et Thierry Miroglio, et créée le 9 décembre 2000 à l'Auditorium des Halles de Paris lors du concert *Real Time/Imaginary Landscapes* donné dans le cadre du Symposium International des Arts Électroniques — ISEA 2000.

Rebonds implique une interaction entre pianiste et percussionniste, mais aussi entre le pianiste et un partenaire invisible qui « rebondit » sur le même piano acoustique : le partenaire réalise, grâce au programme MAX de Miller Puckette, un accompagnement sensible à ce que joue le pianiste et à la façon dont il joue, comme je l'ai mis en œuvre dans les *Pièces en duo pour un pianiste*.

La relation entre ce que joue le pianiste et son partenaire virtuel revêt des formes différentes lors de séquences successives, réunies par des « ponts » piano-percussion. D'abord le partenaire maintient levés certains étouffoirs, et le pianiste joue directement sur les cordes avec le concours du percussionniste. Puis le pianiste commence des arpèges prolongés par l'accompagnement. Le partenaire joue ensuite le rôle d'un miroir qui inverse les figures mélodiques du pianiste ; puis il « fractalise » le jeu du pianiste, c'est-à-dire qu'il reproduit les figures jouées par le pianiste dans divers octaves ; ensuite il reproduit en canon transposé les mélodies jouées par le pianiste. Dans la dernière séquence, le partenaire fait proliférer les notes en jouant des arpèges dont le tempo augmente (ou pour certains diminue) si le pianiste joue plus fort. Le percussionniste s'incorpore au jeu du piano ou au contraire contraste avec lui.

Les archives Prism Fonds Risset concernant ces pièces portent la référence : W30_007_1 et W10_59 : Rebonds

La pièce semble avoir été une adaptation des huit esquisses avec l'ajout d'une partie de percussions. L'archive physique dispose de nombreux documents concernant cette pièce.

Multiples

Le titre *Multiples* fait allusion à la rencontre du piano sur scène avec les sons électroacoustiques de la bande, eux-même issus pour partie du piano acoustique mécanisé Disklavier, joué au clavier, ou sur les cordes, ou encore en « duo pour un pianiste ».

Le titre indique aussi que l'œuvre sera déclinée en de multiples versions : la version présentée en création est la première d'une série de variantes — pour piano et bande, avec la même bande et un autre texte au piano ; pour piano et bande, avec une version différente de la bande et le même texte au piano ; pour Disklavier en direct ; pour Disklavier et électroacoustique en direct.

L'œuvre dure 12 minutes environ. Elle comporte trois parties de durées inégales, deux sections plus courtes encadrant une section centrale de 5 minutes.

La première partie est un jeu de réponse entre le piano Disklavier sur la bande, et le piano en direct : elle privilégie les intervalles de quarte et de tierce mineure. La vivacité initiale s'émousse, les notes nombreuses se raréfient, et le mouvement se termine sur des figures assourdies.

Dans la deuxième partie, les sons électroacoustiques sont issus d'enregistrements du Disklavier joué directement en pinçant ou en frottant les cordes, ou en jouant à la fois du clavier et sur les cordes pour faire ressortir certains partiels. Le pianiste participe au discours sonore en utilisant les mêmes modes de jeu : ses interventions sont de plus en plus discrètes.

Les sons électroacoustiques de la troisième partie forment un tourbillon dynamique vers le chaos, avec des trajectoires rythmiques paradoxales — accélérations qui aboutissent à une pulsation finale plus lente qu'au départ — et un coup de chapeau aux formes stochastiques de Xenakis, et aux machines délirantes ou désirantes de Ligeti. Le piano s'insère de façon pointilliste dans cette course turbulente et désordonnée.

La pièce est présentée comme une matrice modulaire pouvant engendrer une variété combinatoire de pièces dérivées du modèle initial.

Le fonds Risset conservé au laboratoire PRISM comprend des ressources consultables sous la cote W31_007. La partition complète annotée par le compositeur y est signalée comme disponible. Une investigation supplémentaire est requise pour localiser la bande magnétique d'accompagnement de l'œuvre. Par ailleurs, un enregistrement du concert figure dans les annexes numériques du présent manuscrit.

Reflections

La pièce *Reflections* (2012) constitue la dernière œuvre de Jean-Claude Risset pour piano et Disklavier. Conçue comme un neuvième sketch, elle prolonge l'exploration d'une interaction en temps réel entre le pianiste et un partenaire virtuel, sensible mais programmé, jouant sur le même instrument. L'œuvre a été écrite à l'initiative d'un projet de recherche mené par la pianiste Sofia Lourenço au sein du centre CITAR (Universidade Católica Portuguesa, Porto), projet consacré à la réactivation et à l'étude interprétative de *Duet for One Pianist*[350]. La création de *Reflections* s'est déroulée en 2012 lors du festival Black & White à Porto, et l'œuvre fut dédiée à Lourenço, qui en assura la première exécution mondiale[351].

[350] LOURENÇO, Sofia. « Jean Claude Risset's *Duet for one pianist*: challenges of a real-time performance interaction with a computer-controlled acoustic piano 16 years later. » *Journal of Science and Technology of the Arts*, 6(2),2014, p. 31–36. https://doi.org/10.7559/citarj.v6i2.115

[351] Le concert en 2 parties : https://youtu.be/do7iE9vTgLw?si=8zL--emOgybAvP38 et https://youtu.be/xmh-DaaHRKJI?si=f37OsYt8glSs9ePv (consulté le 17 aout 2025)

9.5 *Plectre* (1995), génétiques d'une pièce méconnue

9.5.1 Introduction à *Plectre*

Dès 1989, à l'occasion d'un concert en hommage à Maderna[352], Risset à eu pour projet d'adapter sa pièce *Fractal* en lui rajoutant une partie improvisée. Il souhaitait agir directement sur les cordes du piano plutôt que de jouer au clavier. Il envisageait différentes techniques au doigt, avec les mains, maillets, gommes et brosse, tandis que l'ordinateur, via MIDI, soulève sélectivement les étouffoirs pour moduler un halo de résonances sympathiques. Toutefois, la création de *For Maderna* fut compromise le jour du concert, l'ordinateur qui avait été mis à disposition par l'organisateur du concert n'était pas entièrement compatible avec Max[353].

De cette pièce qui ne sera jamais reprise ne subsistait que quelques esquisses papier qui seront le point de départ du projet d'écriture de *Plectre* envisagé pour un concert en 95 au festival Manca à Nice.

Pour la création de *Plectre* il s'agira là, non plus de ré-utiliser littéralement le patch de *Fractals* mais d'adapter les principes de *Résonance,* pièces consistant à utiliser le Disklavier pour plaquer des accords sans les jouer, mais en laissant les cordes vibrer par sympathie comme des résonateurs ou en existant directement par différents gestes ayant une action directe sur les cordes.

L'exploration des archives révèle que *Plectre* (1995) est une pièce très peu documentée dans le corpus de Jean-Claude Risset, mais qui se distingue par sa singularité esthétique et les difficultés techniques qu'elle soulève. Dans le programme de sa création au Manca, Risset la décrit comme « une extension du piano préparé de John Cage », où l'interprète agit directement sur les cordes de l'instrument, tandis que le Disklavier, contrôlé par ordinateur, manipule les marteaux et les étouffoirs.

[352] Dans une lettre adressée à Maurizio Romito en septembre 2013, Jean-Claude Risset revient sur le destin particulier de sa pièce *For Maderna*. Invité à Milan pour le colloque Dialogo con Maderna à l'occasion de la réouverture du Studio di Fonologia Musicale de la RAI, Risset adapte *Fractals* dans une nouvelle version en hommage à Bruno Maderna, sous l'impulsion d'Alvise Vidolin qui propose le titre *For Maderna* (lettre d'août 1989). Cette pièce, envisagée pour une durée comprise entre 5 et 10 minutes, doit commencer par *Fractals* et se poursuivre sur une improvisation.

[353] Certains modèles de Mac ne bénéficiaient pas d'une horloge indépendante de la fréquence du processeur, nécessaire au bon fonctionnement de Max (horloge RTC)

CIRM: à l'attention de Martine d'Alessandro

Notes de programme de J.C. Risset pour la participation au concert du 8 novembre (durée totale 20 mn, démonstrations comprises)

Duo pour un pianiste: interaction *virtuels-virtuoses*

Programme

Démonstration de l'interactivité piano-ordinateur dans le domaine acoustique: le Disklavier, piano mécanique; la relation entre le pianiste et son double se programme: répétition, symétrie, translation, écho, contrepoint, prolifération, avec des extraits de de Debussy, Webern, et de pièces en duo de Jean-Claude Risset (*Mirrors; Extensions; Resonances; Fractals; Metronomes*).

Trois études en duo: Narcisse; Plectre (création); *Mercure*

(Jean-Claude Risset, piano Yamaha Disklavier)

Duo pour un pianiste: interaction *virtuels-virtuoses*

Le piano Yamaha *Disklavier* est un "vrai" piano, un piano acoustique, avec des feutres et des marteaux, mais aussi un piano mécanisé - ou mécanisable: chaque touche est munie d'un capteur et aussi d'un moteur. Comme un synthé, il est muni d'une entrée et d'une sortie MIDI. La sortie fournit les informations habituelles: le code MIDI précise à quel moment quelle touche a été enfoncée ou relâchée, et avec quelle intensité. L'entrée lit des informations MIDI pour commander l'enfoncement ou le relâchement des touches du piano. On peut enregistrer les codes MIDI produits par le jeu du pianiste: en les renvoyant vers l'entrée, on reconstitue le jeu, à la façon des pianos à rouleaux du début du siècle, mais avec une reproduction bien plus scrupuleuse des intensités de chaque note. On peut ainsi jouer à quatre mains avec soi-même. Mais on doit alors suivre le tempo - la vitesse - de la partie préenregistrée: le pianiste, pris dans un corset temporel, ne peut plus donner libre cours à sa spontanéité, il lui faut suivre le tempo du piano mécanique.

Ne pourrait-on inverser ce rapport de sujétion, et faire en sorte que le Disklavier suive le pianiste et non l'inverse? On aurait alors plus qu'un adjuvant mécanique, un partenaire véritable.

Ce fut mon projet lorsque j'ai séjourné en 1989 au M.I.T. comme compositeur en résidence, à l'invitation de Barry Vercoe, lui-même pionnier de l'interaction "temps réel". J'ai interposé un ordinateur entre entrée et sortie MIDI pour transformer les données d'exécution et élaborer un "accompagnement" qui dépend de ces données - donc de ce que joue le pianiste, mais aussi de la façon dont il joue. C'est la programmation de l'ordinateur qui stipule la nature de cette interaction, qui peut revêtir des formes multiples. La réalisation n'a pas été sans problèmes, et leur solution a été facilitée par l'aide précieuse de Scott Van Duyne et par l'emploi du programme MAX écrit par Miller Puckette à l'IRCAM.

Pour explorer diverses possibilités diverses, j'ai écrit une suite d'esquisses dont chacune met en oeuvre un type d'interaction différent. Je me suis borné à des interactions simples, pour garder lisible la relation entre le jeu du pianiste et la réponse de son "partenaire" invisible - un duettiste docile, programmé, mais sensible. Par exemple l'une des esquisses met en scène une réponse en "miroir": à chaque figure mélodique du pianiste répond la mélodie inversée. Une autre prolonge chaque note jouée par le pianiste par un arpège dont les caractéristiques dépendent de celles de la note. Ainsi l'arpège peut-il être plus rapide si le pianiste joue plus vite: mais sa vitesse peut aussi dépendre de l'intensité du jeu du pianiste - un type de réaction tout à fait nouveau. Mon premier *Duo pour un pianiste* a été présenté aux MANCA 1989.

Au jeu du pianiste répond donc celui d'un partenaire, programmé sans doute, mais sensible, un partenaire virtuel ... et virtuose. Le jeu du pianiste est prolongé, démultiplié par la réaction de l'ordinateur.

Après avoir démontré divers types de relation entre le pianiste et son double: image en miroir, écho, résonance, amplification ou distorsion, je jouerai trois *études en duo* explorant trois modes de relation temps réel assez simples entre le pianiste et l'ordinateur:

Narcisse. Ici la relation s'apparente à la réflexion par un miroir: les intervalles mélodiques sont renversés - une quarte devient une quinte et vice-versa. Le centre de symétrie est une note du clavier qui varie dans le courant de la pièce - à la fin, il y a même deux miroirs. La réflexion intervient avec un retard qui varie également.

Plectre. Le pianiste joue "dans le piano", grattant les cordes, alors que le partenaire virtuel lève ou de baisser les étouffoirs, sélectionnant ainsi les notes qui pourront résonner. Cette étude est présentée en création.

Mercure. Il s'agit d'une sorte de scherzo dans lequel le pianiste déclenche des arpèges à différentes vitesses. Le tempo des arpèges dépend soit du tempo de certains groupes de notes jouées par le pianiste, soit de la hauteur, soit de l'intensité de son jeu. Les arpèges rapides investissent l'espace des hauteurs un peu à la façon des formes d'un kaléidoscope.

Jean-Claude Risset

Figure 55 : Note de programme envoyée par Risset à l'administratrice du CIRM, le CNCM organisateur du festival Manca 1995 à Nice. Source : document Word issu des archives numériques de JC-Risset

Contrairement aux autres pièces du répertoire pour Disklavier de Risset, les archives montrent que l'écriture repose sur des permutations séquentielles, avec peu de rétroactions de l'instrument vers l'ordinateur. Les patchs identifiés de cette pièce, datés entre 1995 à 2009, sont rares et n'ont en réalité pas été édités depuis 1995. Peu de traces attestent de performances publiques, mais Risset y fait référence dans un texte en hommage à Michel Redolfi, le directeur du festival Manca à l'époque de la création de *Plectre*.

A propos d'une description du festival Manca, il écrit :

> J'y ai aussi créé deux esquisses en Duo pour un pianiste : Pour la main gauche et surtout Plectre, où le pianiste agit principalement sur les cordes alors que l'ordinateur partenaire gère les marteaux et les étouffoirs — une extension du piano préparé de John Cage[354].

La formulation employée par JCR, écrite en 2014 se distingue du programme de 1995 (figure 55), par le et « surtout Plectre » qui semble suggérer que le souvenir de l'expérience de cette création est encore vif presque 20 ans plus tard. Symboliquement la référence Cage, l'inscrit dans une réelle volonté de jouer du piano, préparé dans une démarche d'improvisation.

9.5.2 Un fil conducteur inaccessible

Une recherche dans le corpus des archives électroniques relatives au répertoire des *Duos pour un pianiste*, permet de retrouver une série de patchs relatifs à cette pièce : *plct, plectr, plectrem,*

[354] RISSET, Jean-Claude, « Redolfi par Jean-Claude Risset », 2014 https://www.michelredolfi.info/2019/05/michel-redolfi-par-jean-claude-risset.html (consulté le 19 août 2025)

plectremanca. De toute évidence la première lecture des patchs corrobore la description d'une improvisation avec le piano préparé. Les touches du clavier sont activées séquentiellement avec des vélocités très faibles, ce qui permet de laisser vibrer librement les cordes du piano, la reconstitution de ces séquences de notes nous permettant d'avoir une idée de la résonance apportée à un jeu bruitiste ou percussif sur les cordes du piano.

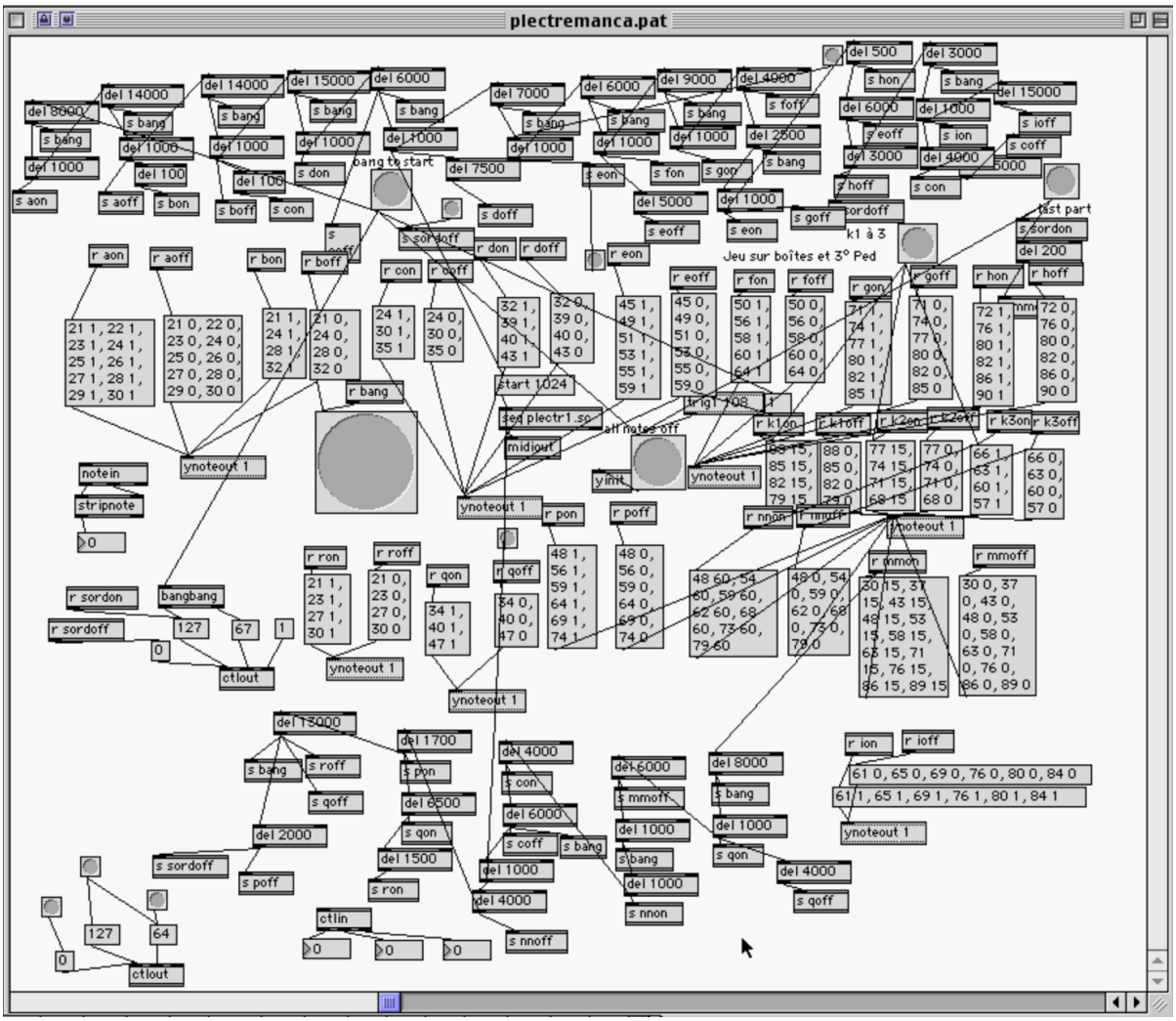


Figure 56 : Le patch *plectremanca* ouvert sous Max 2.5.2 dans la version utilisée pour la création de *Plectre* à Nice en 1995 lors du festival Manca. Source : patch plectremanca.pat issue des archives numériques Risset

La fenêtre des patchs informe elle-même du type de machine utilisée pour coder le patch (figure 56). En 1995, Risset utilise un mac portable ayant un écran beaucoup plus large que l'ordinateur Apple IIc utilisé pour la réalisation des *Duos pour un pianiste* en 1989.

L'expérience de cette pièce va alimenter plusieurs travaux. Ainsi dans l'œuvre « Resonant Soundscape » de 2001 un court passage fait y directement référence. Il est explicité dans la

notice de l'œuvre et dans l'article *De Inharmonique à Resonant Sound Spaces*[355] publié en 2002 aux JIM :

> 3. *Plectres* (1 min 54 s). Grâce à la commande par ordinateur du mouvement des marteaux et des étouffoirs, le piano mécanisé Yamaha Disklavier du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS à Marseille aide à faire du piano une variante de la harpe et à produire les sons par des actions directes sur les cordes, à la façon d'un plectre. Le placement des doigts à certains endroits sur la corde inhibe certains partiels et en renforce d'autres. La spatialisation tente de suggérer l'extension des résonances sur des tables d'harmonie de grandes dimensions[356].

Dans un document rédigé à l'occasion d'une conférence à Londres en 2012, Risset écrit ne pas détenir d'enregistrement[357], mais des extraits de la pièce *Resonant Soundscapes* illustrent convenablement les sonorités produites, notamment la 3e partie de cette œuvre qui a pour titre « Plectre » composée en 2002.

Voici la description qu'il donne de la pièce *Resonant Soundscapes* ;

> Resonant Soundscapes a été réalisée à Marseille sur mon ordinateur portable Macintosh G3. J'ai utilisé les logiciels suivants : MaxMSP, Pro Tools, Sound Hack, Peak, MusicV. La réalisation de cette pièce sur support (pour « bande ») a utilisé des outils — MaxMSP et le piano Yamaha Disklavier — permettant le contrôle des sons en direct. Ainsi le second mouvement utilise des filtres résonants temps réel accordés à certaines harmonies ; le cinquième déploie des structures inharmoniques que j'avais composées hors temps réel il y a vingt cinq ans, et qui ont été reconstituées en temps réel : elles peuvent désormais être invoquées par des gestes pour donner lieu à des sons du genre cloches aussi bien qu'à des textures fluides ou rebondissantes. J'ai enregistré certains sons sur le piano Yamaha Disklavier du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique du CNRS à Marseille, commandant par ordinateur le mouvement des marteaux et des étouffoirs, et modifiant les sons en agissant directement sur les cordes. La spatialisation de Resonant Sound Spaces a été effectuée sur les ordinateurs du Groupe de Musique Expérimentale de Musique de Marseille à l'aide des outils spécifiques mis en œuvre par Laurent Pottier, notamment le logiciel Holophon[358].

---

[355] RISSET, Jean-Claude, Arfib, Daniel, De Sousa Dias, António, LORRAIN, Denis, POTTIER, Laurent. « De Inharmonique à Resonant Sound Spaces : temps réel et mise en espace ». *Journées d'Informatique Musicale*, May 2002, Marseille, France. ⟨hal-02982725⟩

[356] Cet extrait pièce ayant fait l'objet d'un travail spécifique pour réaliser une version spécifique 8 pistes avec le logiciel Holophon de Laurent Pottier, le lecteur pourra retrouver les études de cet extrait dans le chapitre des analyses spatiales.

[357] « Acoustic Interaction at the Keyboard : a *Duet for One Pianist* », Jean-Claude Risset, fichier word note de préparation pour la conférence Interactive Keyboard Symposium à Londres en 2012.

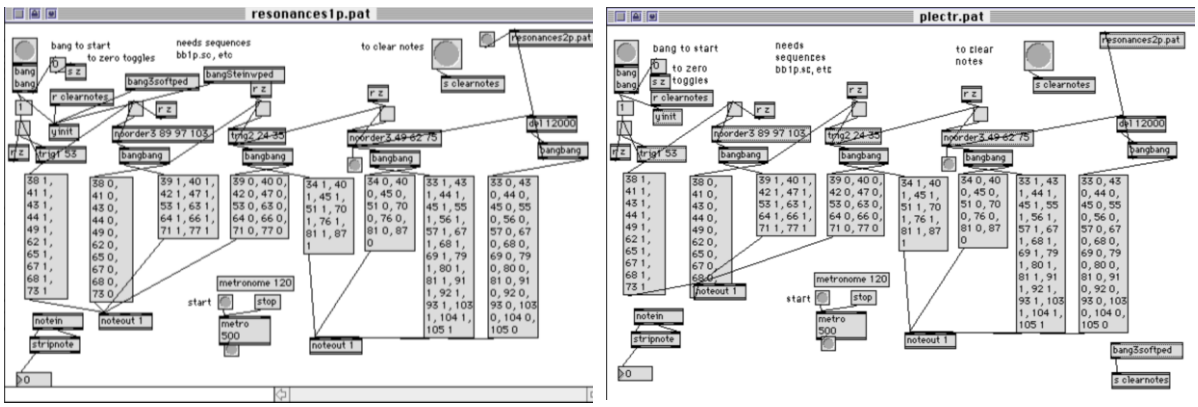
[358] Source : archives numériques Risset, fichier ResonantSoundSpacesNotesProgr.txt

9.5.3 Patch initial

Nom	Date de modification	Taille	Type
plectr.pat	2 nov. 1995 à 15:54	5 ko	Max binary file
plectr1.pat	2 nov. 1995 à 17:40	5 ko	Max binary file
plectr2.pat	2 nov. 1995 à 21:59	5 ko	Max binary file
plectr1.pat	3 nov. 1995 à 09:07	5 ko	Max binary file
plectr2.pat	3 nov. 1995 à 09:08	5 ko	Max binary file
plectr1.pat	3 nov. 1995 à 10:07	5 ko	Max binary file
plectr2.pat	3 nov. 1995 à 10:08	5 ko	Max binary file
plectr1.pat	3 nov. 1995 à 18:07	5 ko	Max binary file
plectr1.sc	4 nov. 1995 à 10:08	80 octets	VGMSt...m Files
plectr1.sc	4 nov. 1995 à 11:08	80 octets	VGMSt...m Files
plectr1.sc	4 nov. 1995 à 11:08	80 octets	VGMSt...m Files
plectr1.sc	4 nov. 1995 à 19:08	80 octets	VGMSt...m Files
plectrem.pat	5 nov. 1995 à 16:29	18 ko	Max binary file
plectrem.pat	8 nov. 1995 à 18:37	18 ko	Max binary file
plectrem.pat	8 nov. 1995 à 19:37	18 ko	Max binary file
plectremanca.pat	8 nov. 1995 à 19:53	18 ko	Max binary file
plectrem.pat	9 nov. 1995 à 03:37	18 ko	Max binary file
plectremanca.pat	9 nov. 1995 à 03:53	18 ko	Max binary file
plectremanca.pat	7 févr. 1997 à 17:50	18 ko	Max binary file
plectremanca.pat	7 févr. 1997 à 18:50	18 ko	Max binary file
plectreManca.pat	3 avr. 2001 à 15:48	7 ko	Max binary file
plectreManca.pat	4 avr. 2001 à 01:48	7 ko	Max binary file
plectreManca.pat	1 mars 2006 à 21:04	7 ko	Max binary file

Figure 57 : Liste de tous les fichiers relatifs à la pièce *Plectre*, un contrôle de chaque patch permet d'affirmer que la dernière édition réelle du fichier a eu lieu le 5 nov. 1995 à 16 h 29. Toutes les versions suivantes étant exactement similaires, ne présentent aucun changement ni dans l'interface ni dans les fonctionnalités du programme. Sources : Maxence Mercier (2025)

La figure 57 présente la liste de l'ensemble des fichiers retrouvés dans les archives numériques de Risset en lien avec la pièce Plectre. Bien que disséminés dans de multiples versions de dossiers, ces fichiers ont été regroupés en identifiant leurs dates de création afin de reconstituer le fil temporel des différentes versions.



resonances1p.pat 13 oct 1994 à 4 h plectr.pat 2 nov. 1995 à 15 h 54

Figure 58 : Patchs initiaux pour la réalisation de *Plectre*. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Le patch *plectr.pat* est une copie du patch *resonances1p.pat* (figure 58). Il ouvre la série des fichiers se rapportant à la pièce *Plectre*, en référence au plectre utilisé par les guitaristes pour exciter les cordes. Bien que cette pièce soit destinée au Disklavier en utilisant l'abstraction ***yinit***, sa structure suggère un usage initial avec un synthétiseur MIDI générique avec une sortie midi simple par l'objet **noteout**, possiblement un Yamaha DX7 que Jean-Claude Risset possédait chez lui et au LMA. Les objets employés ici relèvent de la bibliothèque générique de Max et ne mobilisent pas les extensions spécifiques développées pour le Disklavier, lesquelles permettent notamment de gérer automatiquement le feedback MIDI et d'ajuster les délais en fonction des hauteurs et des vélocités des notes à jouer. Le patch contient une référence explicite à la pièce *Résonances*, via une commande pointant sur l'ouverture du patch *resonances2p.pat*, ce qui indique une réutilisation du procédé issu de cette œuvre antérieure. Le principe repose sur l'envoi de notes à très faible vélocité, de manière à enfoncer silencieusement les touches et ainsi libérer les cordes des étouffoirs, autorisant un jeu acoustique direct ou des phénomènes de résonance sympathique. Les mécanismes de séquençage sont rudimentaires, fondés sur des déclenchements en série d'accords et de clusters spécifiés sous forme de listes stockées dans des boîtes messages. Les objets **notein** et **stripnote**, de même que le **metro**, sont ici utilisés comme outils de test permettant d'identifier les hauteurs ou les tempos à inscrire manuellement dans les boîtes message et **delay**. Cette version constitue ainsi une première structuration du dispositif, avec la volonté de détourner un patch pré-existant. Le principe est simple : une liste envoie un accord à jouer (vélocité 1), puis une autre liste renverra la liste des notes à relâcher (vélocité 0). A chaque nouvel accord envoyé au Disklavier, le précédent accord est relâché.

9.5.4 plectr 1

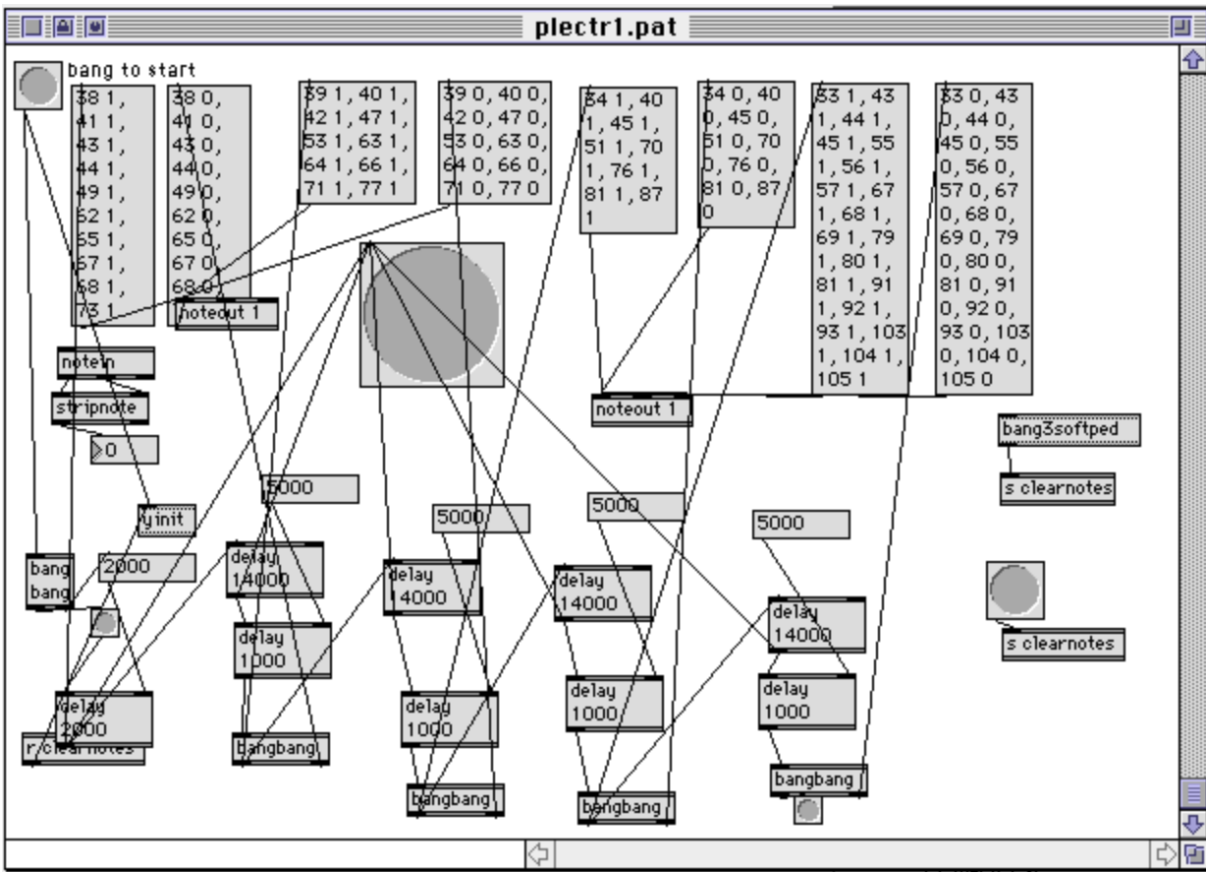


Figure 59 : plectr1.pat 2 nov. 1995 à 17 h 40. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Cette seconde version (figure 59), renommée *plectr1.pat* moins de deux heures après la première, constitue une extension structurée du patch initial. Les séquences de jeu y sont mieux articulées grâce à l'introduction systématique de délais (objet **delay**) paramétrés (1000, 2000, 4000, 14 000 ms) entre les groupes de messages MIDI, organisant les déclenchements des clusters selon une trame temporelle plus définie. De nouvelles commandes de type **bangbang** apparaissent, offrant un accès direct à certains événements pour faciliter les tests ou les exécutions en temps réel. Si la logique de programmation reste fondamentalement manuelle, ces ajouts témoignent d'un début de formalisation temporelle, amorçant une transition vers une structuration plus automatisée des enchaînements. L'ensemble conserve cependant un mode opératoire fondé sur des actions ponctuelles, sans recours à des mécanismes de boucle ou d'interactivité conditionnelle. L'objet **noteout** est remplacé par l'abstraction **ynit**, ce qui semble indiquer que le patch pourrait être déjà utilisé sur un Disklavier. L'horaire d'enregistrement du fichier correspond à la fin de journée au LMA. Ses collègues ont témoigné lors d'une journée d'hommage au compositeur, qu'il se mettait au piano, en règle générale une fois la journée terminée lorsque la majorité du personnel quittait le laboratoire.

9.5.5 plectr 2

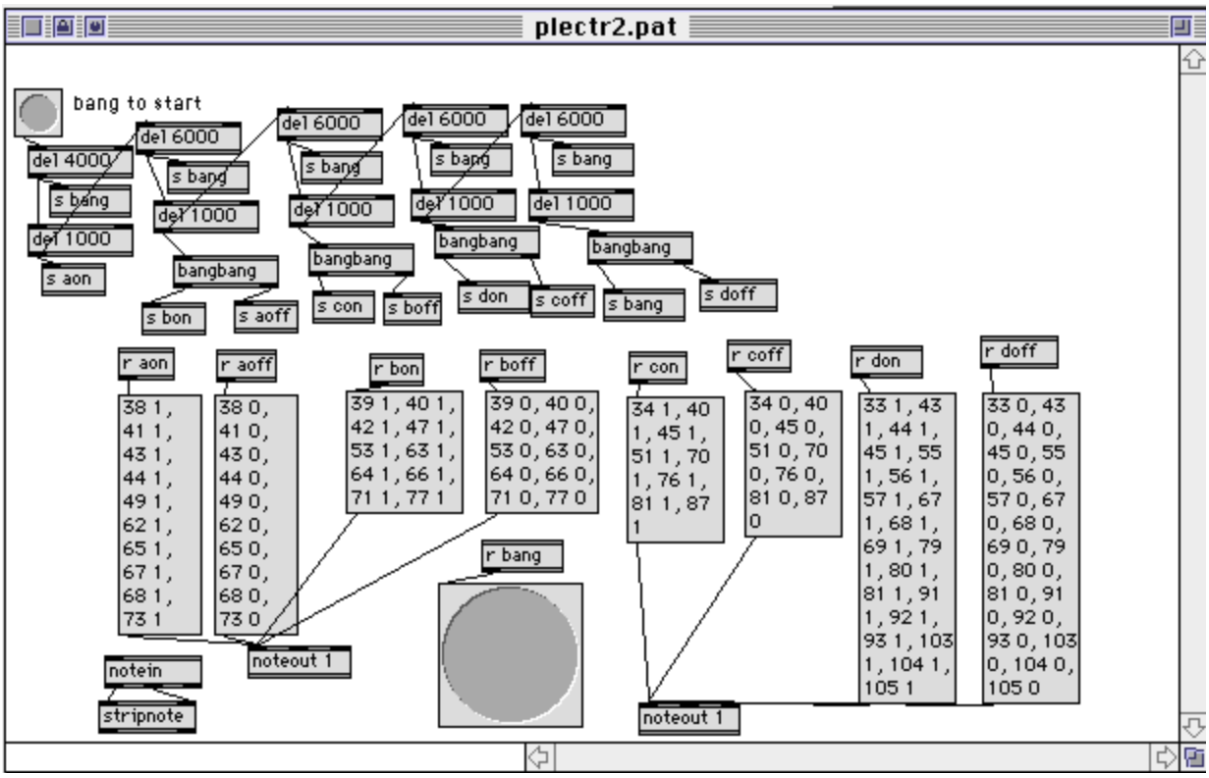


Figure 60 : plectr2.pat 2 nov. 1995 à 21 h 59. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Dans cette troisième version (figure 60) intitulée *plectr2.pat*, datée du même jour que les précédentes mais enregistrée en soirée, la structuration du patch franchit un nouveau seuil de complexité. Les messages MIDI sont désormais groupés dans des paires d'objets s (send) et r (receive), organisés en catégories distinctes (aon/aoff, bon/boff, etc.), ce qui introduit une logique modulaire par envois et réceptions nommés. Cette architecture permet une distribution plus souple et lisible des clusters dans le temps, tout en facilitant leur réutilisation et leur combinaison. Les délais sont maintenant centralisés dans une série de déclenchements en cascade (1000 à 6000 ms), synchronisant l'envoi des clusters sans duplication excessive du code. L'ensemble gagne en cohérence fonctionnelle et amorce une méthode de composition algorithmique rudimentaire fondée sur la séparation des données (listes de notes) et de leur temporalité (délais et bangs). L'abstraction ynit, disparaît ce qui semble confirmer un usage sur un synthétiseur, car dans l'état ce patch ne fonctionnera pas correctement sur un Disklavier.

9.5.6 plectr 1 bis

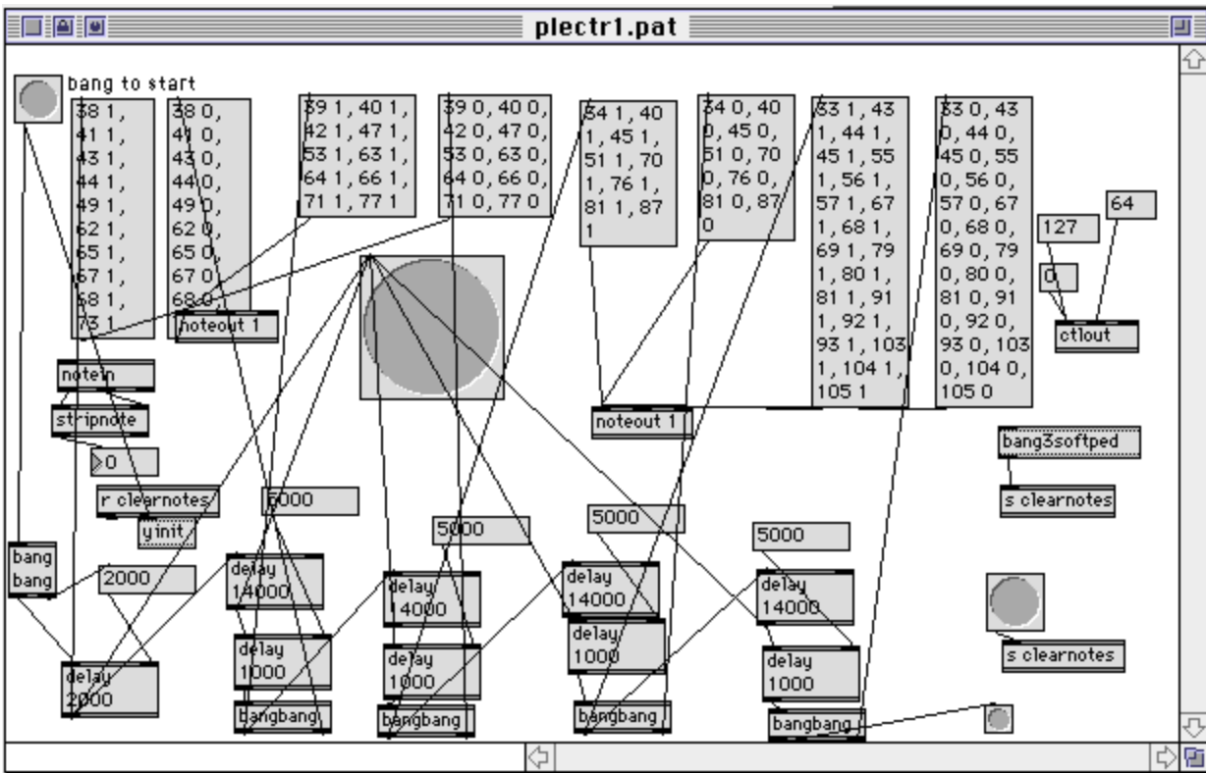


Figure 61 : plectr1.pat 3 nov. 1995 à 9 h 07. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

En figure 61, la version enregistrée le 3 novembre 1995 à 9 h 07, bien que portant le même nom que la précédente (*plectr1.pat*), est retrouvée dans un autre dossier. Ce patch présente plusieurs modifications notables, qui témoignent d'un affinement du dispositif. Une boîte **ctlout** a été ajoutée sur la droite, permettant de contrôler l'enfoncement de la pédale de sustain (control change 64 / hold pedal) du Disklavier. Ensuite, la zone de gestion du clearnotes a été enrichie par un objet **receive clearnotes** et semble mieux connectée aux autres processus, suggérant une meilleure gestion des fins de notes. Enfin, l'interface montre une légère réorganisation spatiale des objets, favorisant une lecture plus fluide des séquences. On peut y lire une volonté de stabilisation des fonctions principales sans altérer la structure de déclenchement temporel ni les accords définis.

9.5.7 plectr 2 bis

La version du patch *plectr2.pat* datée du 3 novembre 1995 à 9 h 8 réplique rigoureusement la structure de la version sauvegardée la veille au soir. Cette duplication semble indiquer une opération de sauvegarde intermédiaire, probablement motivée par la volonté de figer un état stable du patch avant d'entamer une nouvelle série d'expérimentations.

9.5.8 copie identique, séance pratique

plectr2.pat	le 3 nov 1995 à 9 h 8	identique à la veille
plectr1.pat	le 3 nov. 1995 à 10 h 7	idem
plectr2.pat	le 3 nov. 1995 à 10 h 8	idem
plectr1.pat	le 3 nov. 1995 à 18 h 7	idem

À ce stade, on peut confirmer que les deux patchers plectr 1 et plectr 2 se destinent à deux usages différents mais essentiels au processus de composition. L'hypothèse la plus probable est que la différence de connexions entre les boîtes de messages répond essentiellement à une présentation épurée de l'interface lorsque celle-ci fait usage de *send* et de *receive*. Ceci pourrait indiquer un besoin de pouvoir rapidement déclencher les accords directement à la souris.

Les trois fichiers demeurent rigoureusement identiques à ceux enregistrés quelques heures plus tôt. Ces fichiers n'informent que du souci de sauvegarder une copie probablement en cours de travail. Risset doit avoir passé la journée à faire des essais en jouant sur le Disklavier.

9.5.9 Séquence de notes

Le lendemain, la journée commence par la création d'un fichier sc probablement enregistré depuis le Disklavier lui-même. Un patch permet de lire et d'enregistrer des séquences midi avec l'objet seq. Cet objet génère des fichiers sc. Le fichier plectr1.sc est une séquence de notes dont la structure du fichier est similaire à un fichier midi, si bien qu'il est possible de glisser et déposer le fichier dans un DAW après l'avoir renommé avec une extension midi (*.mid ou *.midi). Dans la figure 62 on visualise un ralentissimo sur le do 0 avec un crescendo de pp à mf sur les cinq premières notes, suivies d'une sixième en mezzo piano.

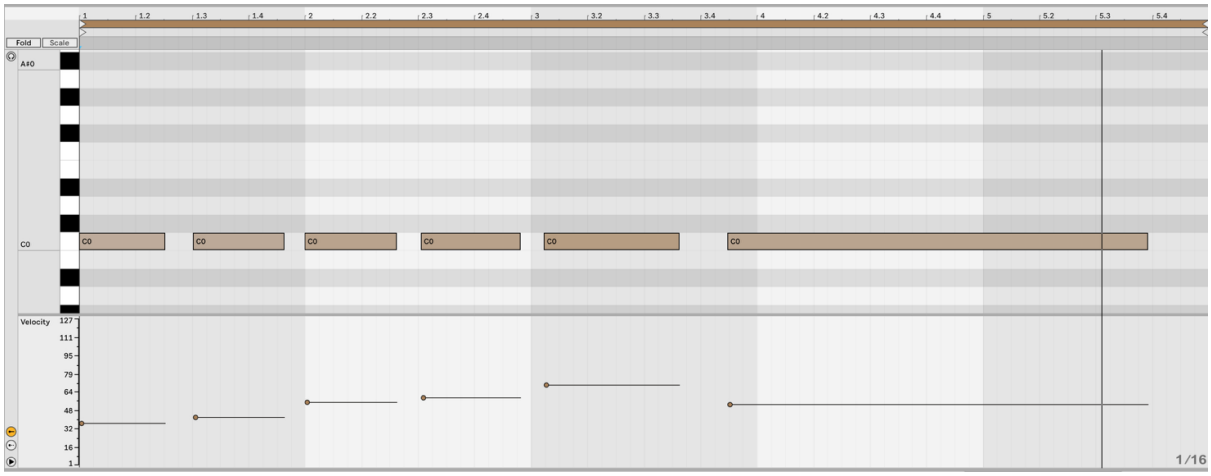


Figure 62 : Séquence midi incluse dans le fichier plectr1.sc 4 nov. 1995 à 10 h 8, visualisée dans Ableton Live 11. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Cette séquence sera utilisée 2 fois dans la pièce finale pour indiquer la fin d'une séquence gérée par l'ordinateur, et probablement préparer le pianiste à déclencher manuellement la séquence suivante.

plectrl.sc 4 nov. 1995 à 11 h 8 même contenu que la première version

plectrl.sc 4 nov. 1995 à 19 h 8 même contenu que la première version

Les différentes versions du fichier n'apportent aucune information supplémentaire, mais l'horodatage permet de supposer que Risset a pu travailler à la réalisation de sa pièce soit à deux moments dans la journée, soit toute la journée.

Pour rappel, ces différents fichiers portant le même nom ont été retrouvés dans différents dossiers. Risset devait dupliquer ses dossiers de travail pour faire des copies de sauvegarde intermédiaire sur un autre support (probablement une copie courante sur disque dur et une copie de sauvegarde disquette en parallèle, ce qui était très courant à cette époque).

9.5.10 plectrem, le pré-manca

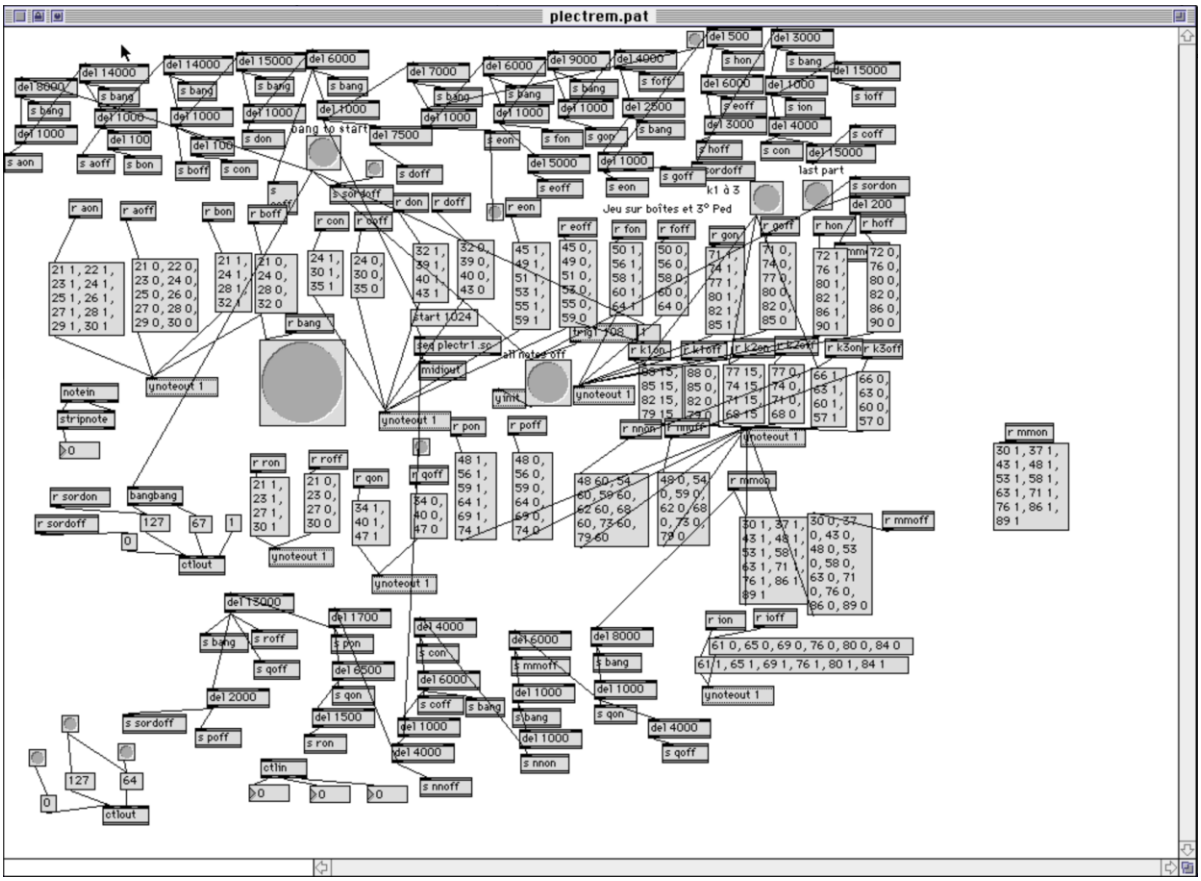


Figure 63 : plectrem.pat 5 nov. 1995 à 16 h 29. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Ce patch change drastiquement les actions effectuées par le Disklavier (figure 63), plus aucun accord ne subsiste des versions précédentes. Il y a beaucoup plus d'accords avec des enchaînements toujours basés par une série d'objet **delay** en charge de lever les étouffoirs du piano puis de les abaisser de nouveau pour chaque nouvel accord. Mais il semble que certaines notes des accords sont tuilées, ce qui laisse supposer que la composition est bien plus avancée avec une écriture polyphonique des résonances du piano. La présentation du patch témoigne de nombreuses opérations d'écriture qui ont dû être effectuées les deux précédents jours. Le fichier a

dû être écrasé à chaque fois, ce qui explique qu'il n'existe pas de version initiale et intermédiaire avec cette version qui va se révéler être l'état final des dernières versions du fichier présent dans les archives. Le même fichier va porter plusieurs dénominations mais il s'agira du même programme.

Plusieurs listes de messages MIDI sont organisées en paires de type note, vélocité presque toujours minimale (1 pour note-on, 0 pour note-off) mais il apparaît quelques accords qui frapperont les cordes suffisamment fort pour faire jouer les notes concernées avec les accords k1 et k2.

L'objet seq fait son apparition pour jouer la séquence plectr1.sc

plectrem.pat	8 nov. 1995 à 18 h 37	identique à la version du 5 nov. 1995
plectrem.pat	8 nov. 1995 à 19 h 37	fichier illisible
plectremanca.pat	8 nov. 1995 à 19 h 53	fichier illisible
plectrem.pat	9 nov. 1995 à 3 h 37	fichier illisible
plectremanca.pat	9 nov. 1995 à 3 h 53	fichier illisible
plectremanca.pat	7 févr. 1997 à 17 h 50	identique à la version du 5 nov. 1995

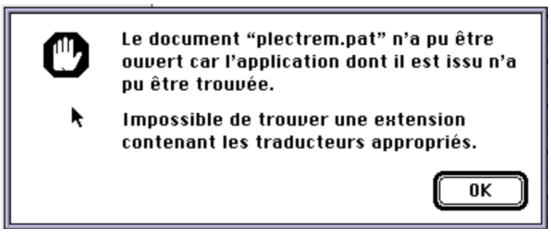


Figure 64 : Message d'erreur de MacOS 7.6.1. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

La figure 64 illustre le message indiquant qu'un fichier est devenu inexploitable, son contenu étant très probablement corrompu. Une édition manuelle en mode texte, lorsque le fichier n'est pas binaire, peut toutefois permettre d'en visualiser partiellement le contenu.

9.5.11 Partitions

Première ébauche

A ce stade, on peut considérer que l'écriture électronique avec le Disklavier à été finalisée le 5 nov. 1995 à 16 h 29 — soit environ 73 h sur 3 jours.

Nous avons retrouvé dans le fond Risset du laboratoire Prism à Marseille, la partition manuscrite dont les pages sont présentées dans les figures 65 à 72, à été probablement terminée 26 h après la première édition du fichier « plectr.pat ». Les partitions proviennent du dossier n° 19 de la boite d'archive W28.

Nous pouvons situer la finalisation de cette première version manuscrite au 5 novembre 1995, soit 3 jours avant la création en concert le 8 novembre en soirée pour le Festival Manca à Nice.

Cependant plusieurs versions annotées et corrigées de la partition existent. Elles ont été réunies dans un dossier sans ordre précis. Sans enregistrement du concert, il est impossible de savoir réellement quand ont été effectuées ces modifications. Nous ferons l'hypothèse que les dernières copies sont celles qui auront accumulé le plus d'annotations, ce qui paraît probable en comparant les différentes versions.

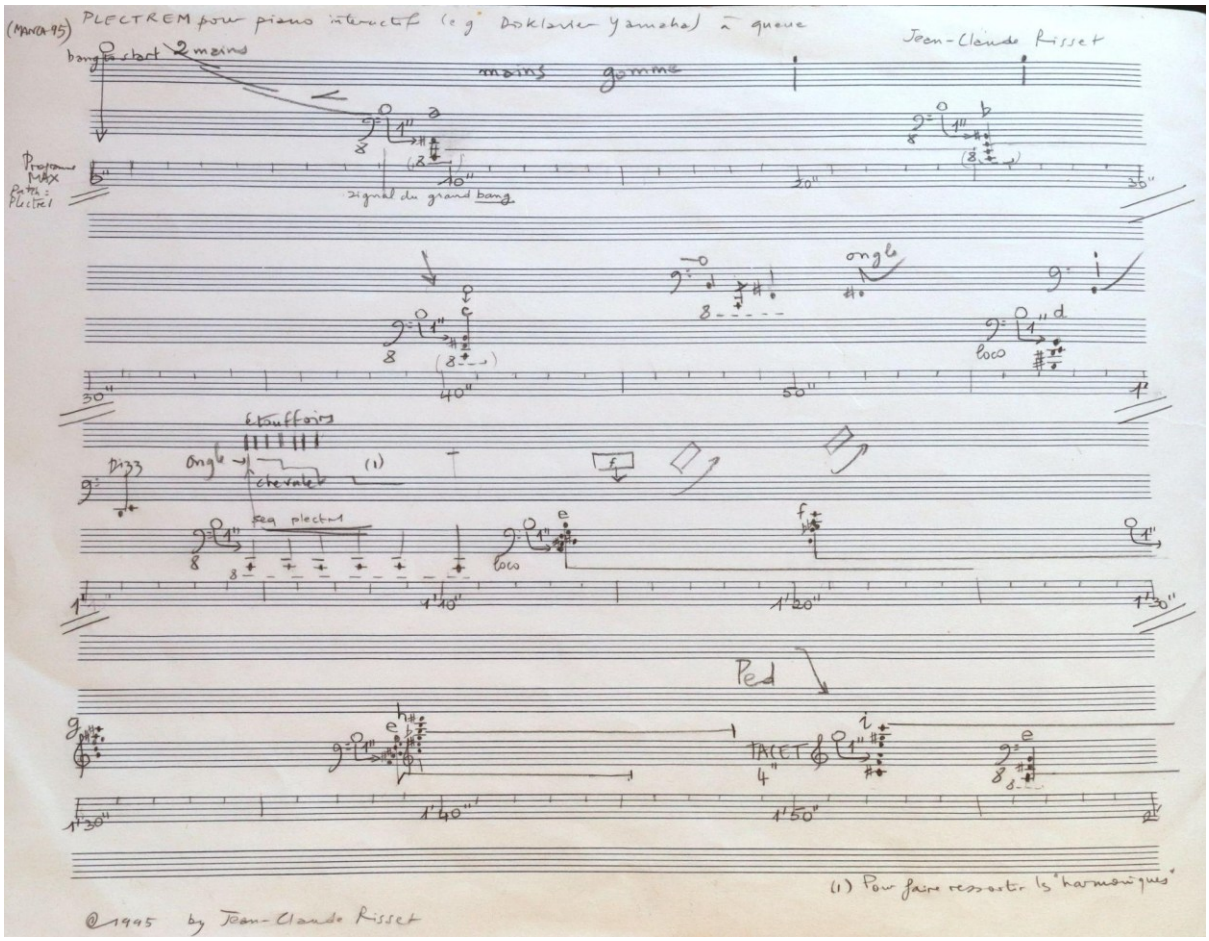


Figure 65 : Page 1 de la partition manuscrite de *Plectre*, source : PRISM_JCR_W28_001_19_009

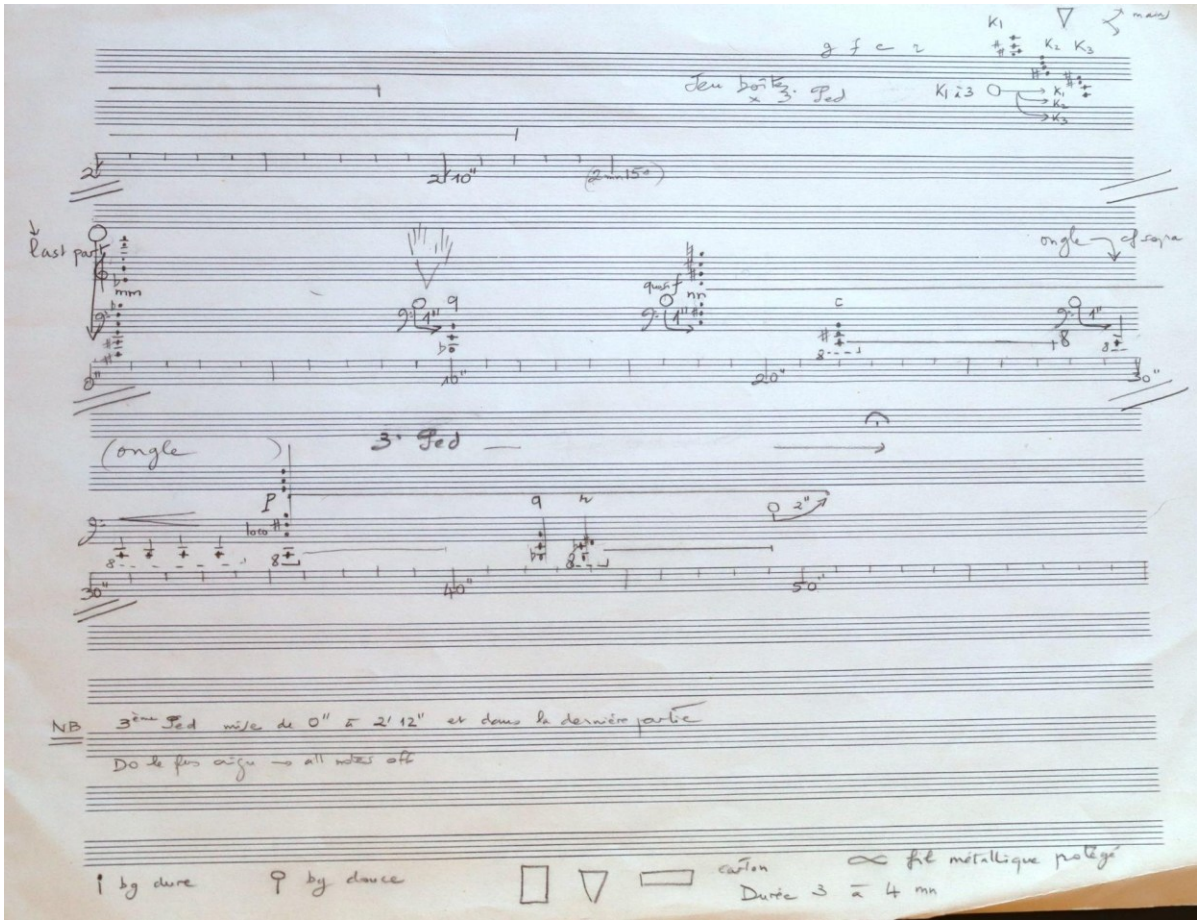


Figure 66 : Page 2 de *Plectre*, source PRISM_JCR_W28_001_19_010

La partition semble être contenue sur deux pages. Les versions les plus sobres sont PRISM_JCR_W28_001_19_009 et _010 que l'on suppose réalisées autour du 5 nov. 1995, soit dans la foulée de la consolidation du patch *plectrem* (5 nov. 95, 16 h 29) et trois jours avant la création de Nice/Manca (8 nov.). La cohérence matérielle des deux pages a été vérifiée par superposition des plis du papier (montage photographique) : il s'agit bien d'un même feuillet, et non de deux sources hétérogènes. Une consultation physique des archives aurait permis de dissiper rapidement tout doute, mais l'original étant froissé, les outils de manipulation photographique permettent aisément d'effectuer ce type de vérification. Ce lot d'archives papiers à été numérisé le 27 mai 2024 au laboratoire Prism à Marseille.

Ajouts/traits saillants.

La mise en page est sobre, sur 3 à 4 portées selon les besoins de la graphie. En général les deux premières portées sont destinées aux gestes à effectuer sur le piano et la troisième pour la portée électronique, indique les actions effectuées par le Disklavier contrôlé depuis le programme Max, avec le patch PlectreI. Une grille temporelle est notée sur la portée électronique, la durée des gestes à réaliser par l'interprète est indiquée en secondes avec une précision relative à l'écoute des événements : actions autonomes du piano, temps de résonance ou maintien du Disklavier, etc…

Le jeu sur cordes vs. actions MIDI pour la levée des étouffoirs et quelques sons de références (signal grand bang à 8 secondes par exemple) sont cohérents avec les informations du patch Max « vélocités minimales → résonance sympathique ». Ce couplage établit une première cartographie du geste acoustique contrôlé par commande numérique depuis le patch Max.

Quelques annotations de techniques étendues spécifient des types de timbres, d'actions et d'objets : Ongles, mains, gommes.

La séquence plectr1.sc est clairement visible comme un point de repère à 1 min 5 s sur lequel le pianiste doit faire glisser son ongle sur la corde de Do0 de l'étouffoir vers le chevalet.

Tous les accords présents dans le patch sont annotés et présentés sur la partition (a, b , d , e, etc…) On relève que l'accord h suit l'accord g — ce qui signale que Risset a effectué des permutations qui sont également visibles dans le patch suivant le même enchaînement. Cette opération nous informe que d'autres versions intermédiaires ont dû exister sous forme papier et électronique, mais qu'elles n'ont pas été conservées par le compositeur (ou tout simplement pas présentes dans les archives auxquelles nous avons accès).

La première page correspond aux 2 premières minutes de la pièce.

Deuxième ébauche

La quantité d'annotations qui s'ajoutent sur les partitions permet d'envisager une chronologie. De même les versions successives semblent être des photocopies dont certaines font doublons.

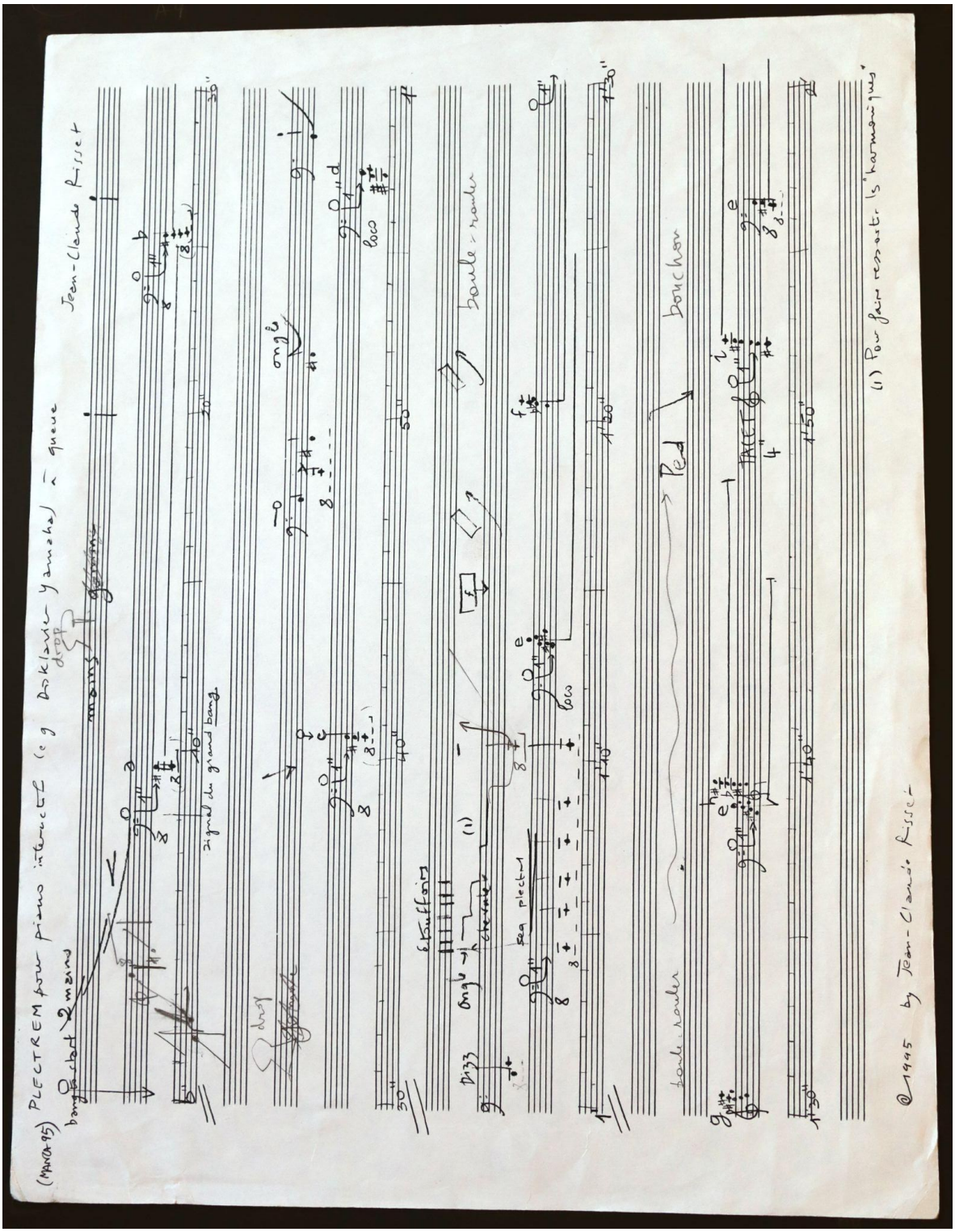


Figure 67 : Partition de *Plectre* page 1 bis, copie intermédiaire annotée, source : PRISM_JCR_W28_001_19_008

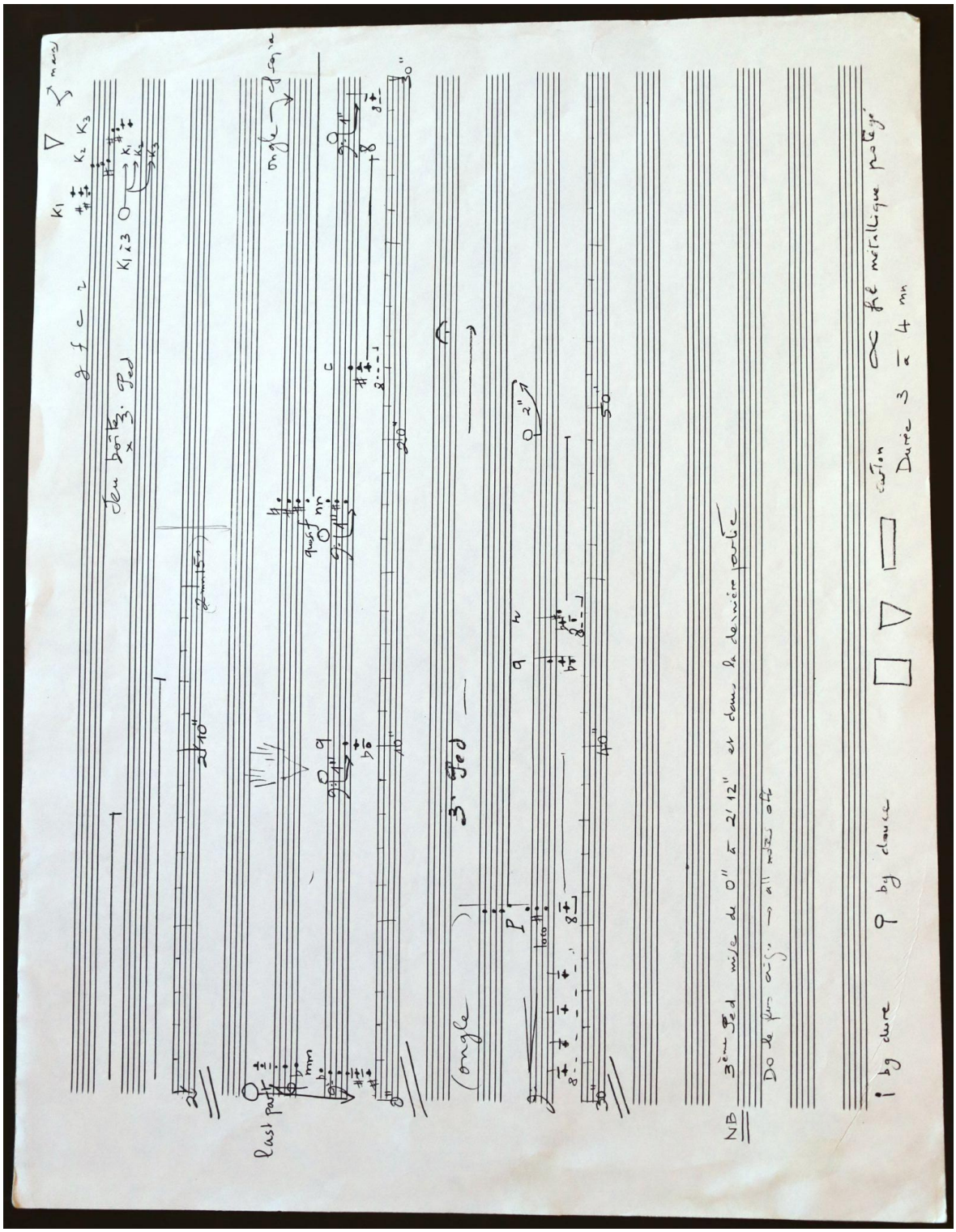


Figure 68 : Partition de *Plectre* page 2, copie intermédiaire, source : PRISM_JCR_W28_001_19_005

Cette page n’apporte rien, mais on peut supposer que la photocopie a été réalisée avant que la première version soit finalisée, car il n’apparaît pas de barre oblique de division des systèmes dans la marge à droite — alors qu’elle est présente dans PRISM_JCR_W28_001_19_010.

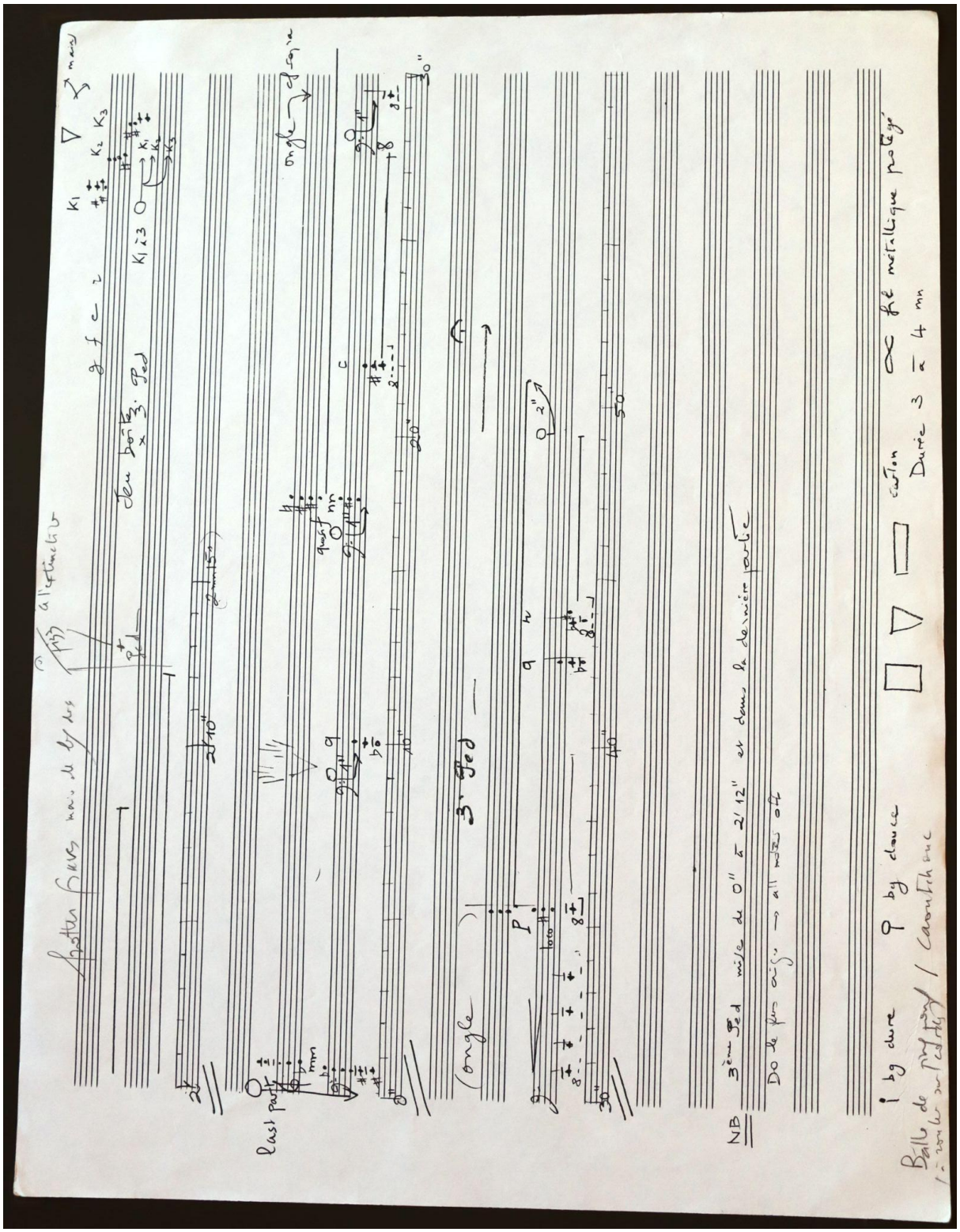


Figure 69 : Partition de *Plectre* page 2 bis, version intermédiaire bis ; source : PRISM_JCR_W28_001_19_006

Il y a une annotation en bas à gauche qui ne figure sur aucune autre version : balles de ping pong/caoutchouc (à rouler sur les cordes)

Troisième ébauche

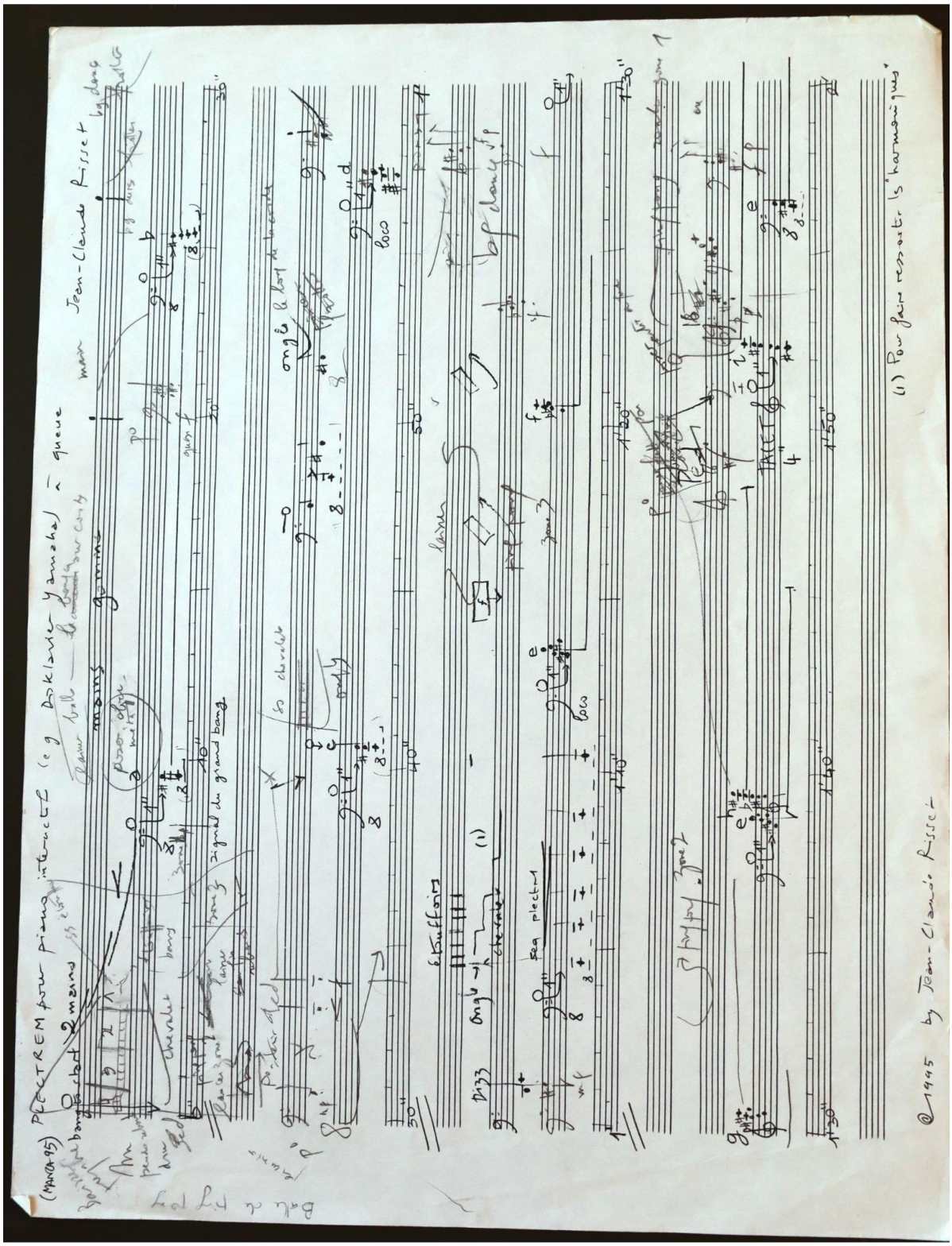


Figure 70 : Partition de *Plectre* page 1 ter, copie finale annotée, source : PRISM_JCR_W28_001_19_004

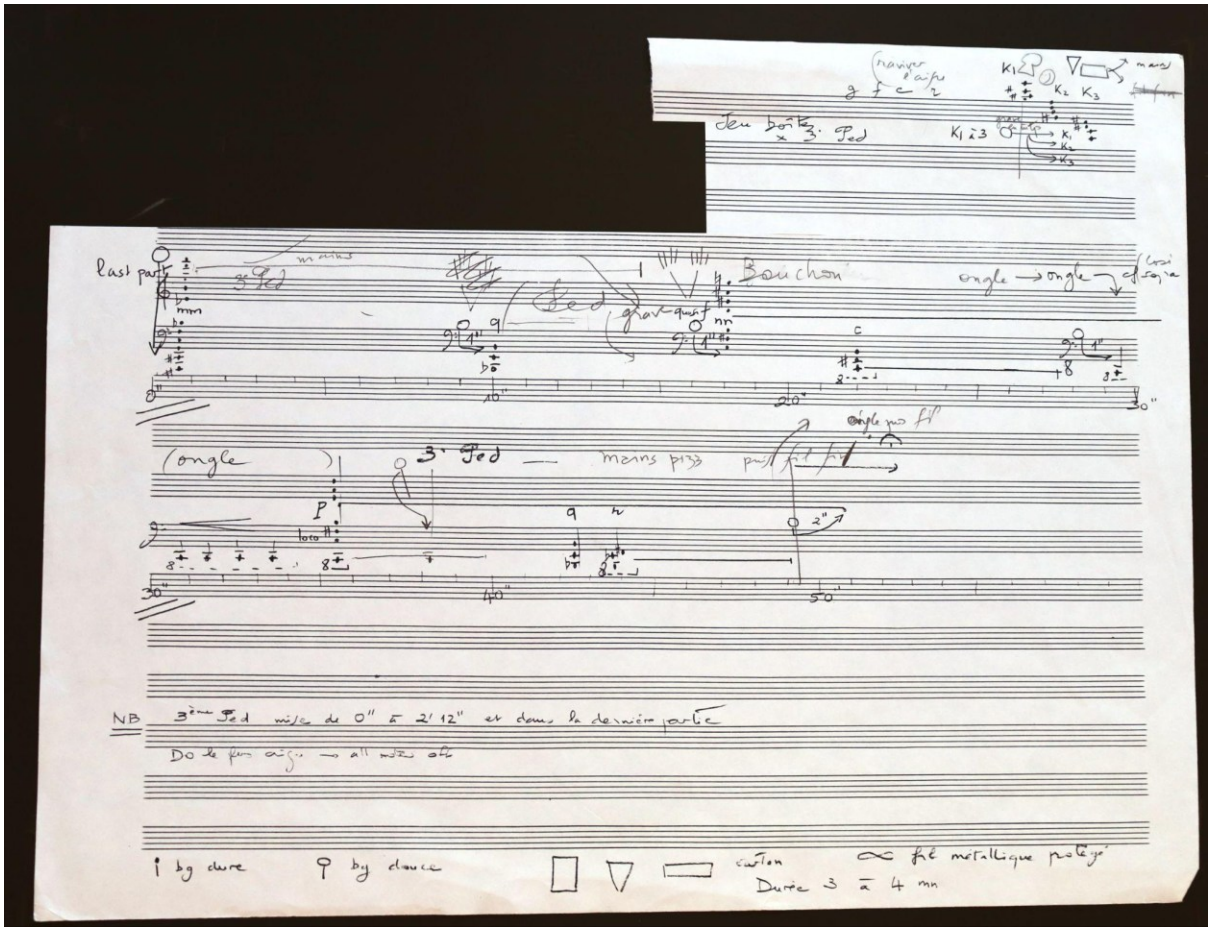
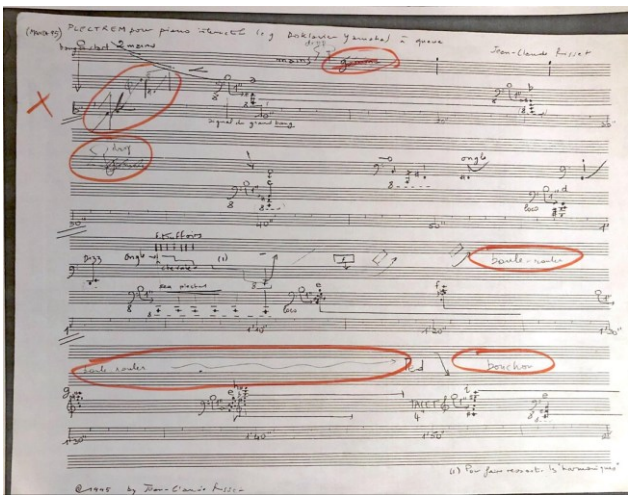
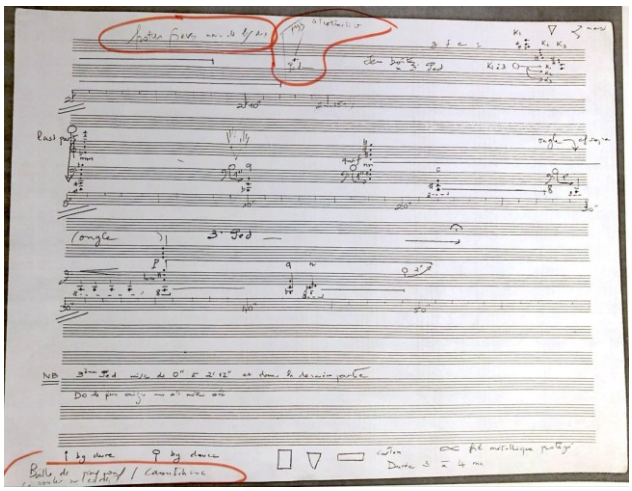


Figure 71 : Partition de *Plectre* page 2 ter, copie finale (hypothèse), source : PRISM_JCR_W28_001_19_007

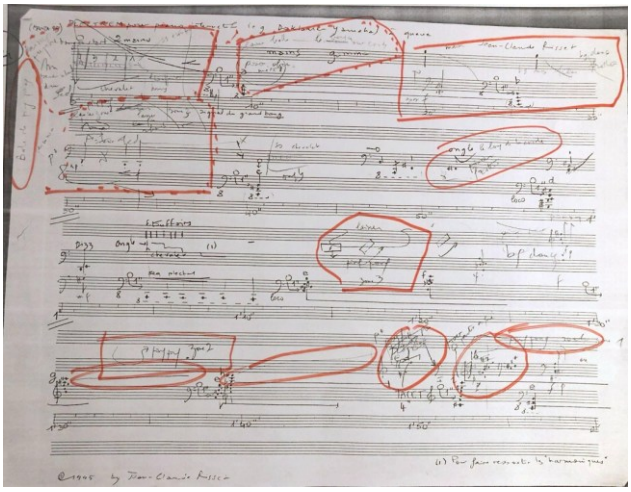
Tableau récapitulatif comparatif



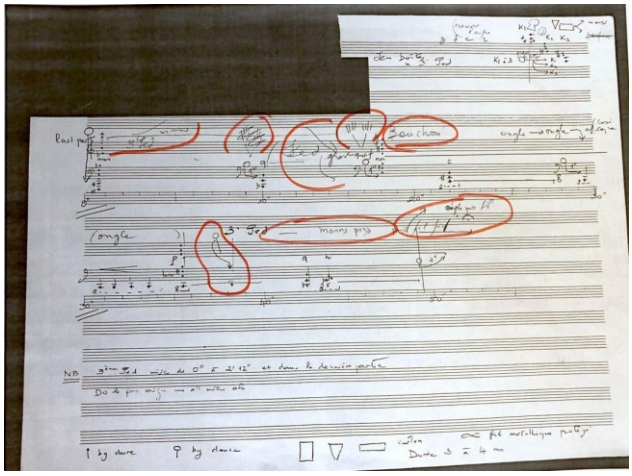
Page 1 — bis — PRISM_JCR_W28_001_19_008



Page 2 — bis — PRISM_JCR_W28_001_19_006



Page 1 — ter — PRISM_JCR_W28_001_19_004



Page 2 — ter — PRISM_JCR_W28_001_19_007

Figure 72 : Annotations des changements entre les différentes versions. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives Prism

Héritage cryptique

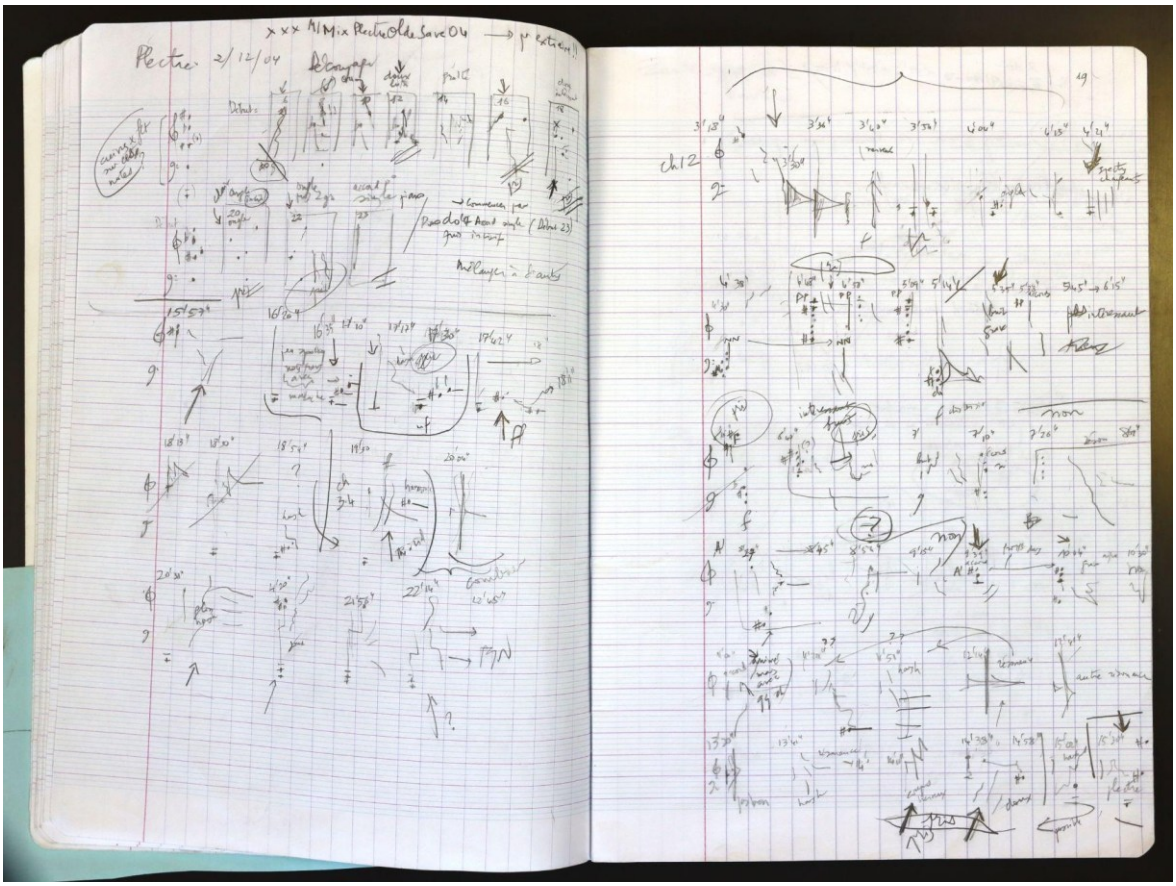


Figure 73 : Note préparatoire pour la réalisation de l'oeuvre *Octant* (2004)[359] reprenant des idées de *Plectre*. Source archives Prism fichier IMG_0061.JPG dossier N12_010

[359] https://brahms.ircam.fr/fr/work/octant (consulté le 16 août 2025)

Le souvenir de la pièce *Plectre* est tenace dans la mémoire de Risset. Sept pièces de son répertoire y feront référence en reprenant ses matériaux ou en interprétant ses gestes avec le Disklavier. La figure 73 présente une esquisse décrite comme une séquence du même type que *Plectre*, mais destinée à la réalisation d'*Octant* (2004).

Les différentes copies du patch *Plectremanca.pat* que nous retrouverons dans de nombreux dossiers jusqu'en 2016 témoignent que ce patch, et donc probablement cette pièce, a résonné bien longtemps après sa création en 1995.

La pièce la plus frappante est *Resonant Sound Space*, qui est une œuvre spatialisée sur 8 canaux et qui existe également en stéréo sous le titre : *Résonant Sound Scape*. Le troisième mouvement de ces deux pièces se nomme *Plectres, le « s » est ajouté au titre initial*. Risset a recours exactement aux mêmes techniques.

Extrait de la note de programme de *Resonant sound space* :

> Plectres (1 min 54 s). Grâce à la commande par ordinateur du mouvement des marteaux et des étouffoirs, le piano mécanisé Yamaha Disklavier du Laboratoire de mécanique et d'acoustique du CNRS à Marseille aide à produire les sons par des actions directes sur les cordes, à la façon d'un plectre, et à faire du piano une variante de la harpe. Le placement des doigts à certains endroits sur la corde inhibe certains partiels et en renforce d'autres.

On retrouve des allusions directes à *Plectre* également dans : *Rebond* (2000), *Tri-IX* (2002), *Octant* (2004), *Pentacle* (2005), *Multiple* (2009).

9.5.12 Régénération

Interprétation visuelle

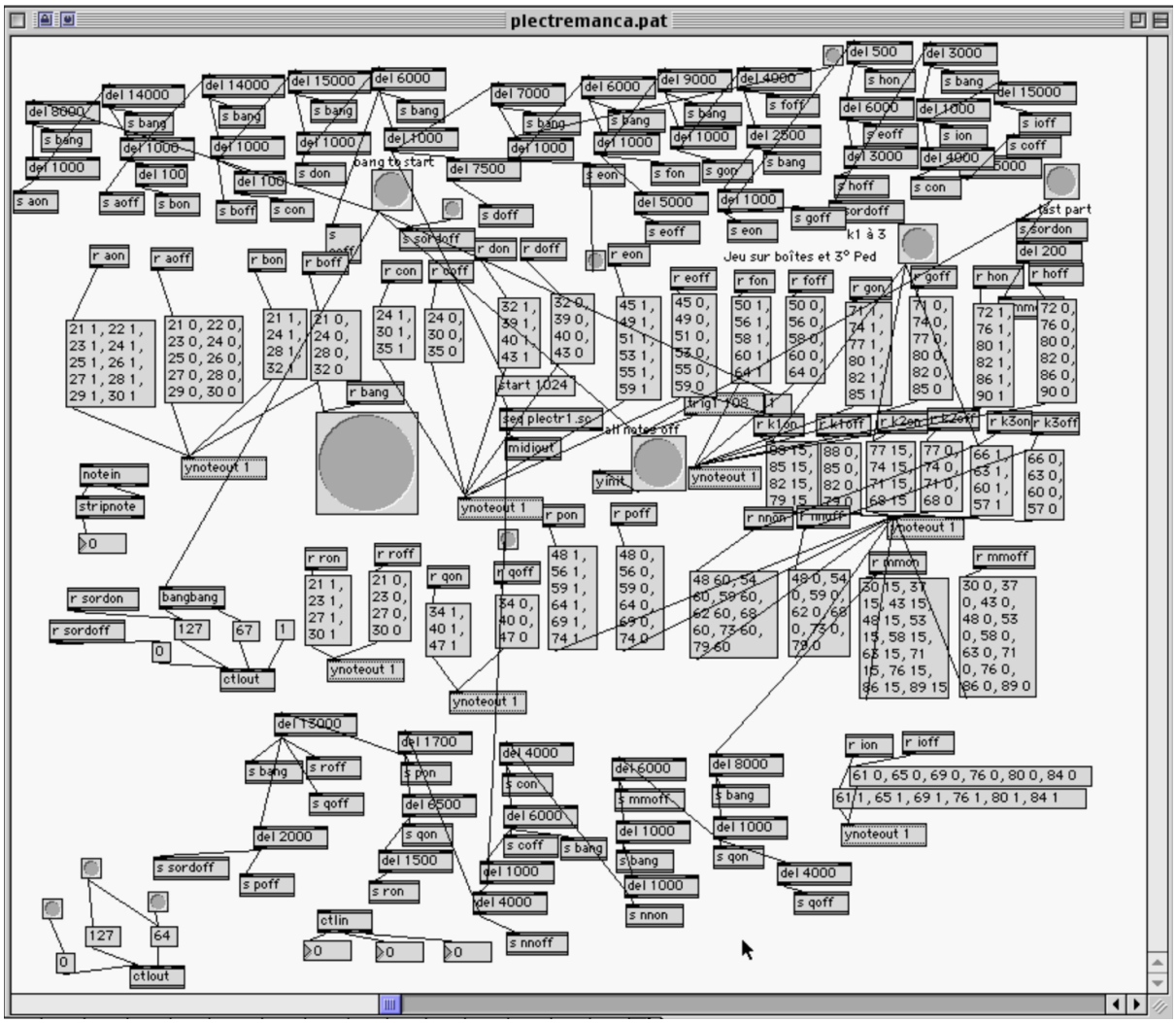


Figure 74 : Le patch *plectremanca* ouvert sous Max 2.5.2 dans la version utilisée pour la création de *Plectre* à Nice en 1995 lors du festival Manca. Source : patch plectremanca.pat issue des archives numériques Risset.

Le patch d'origine (figure 74) offre un aperçu clair de l'agencement de l'interface de composition, caractérisée par une séquentialité des messages avec peu de superposition. La densité d'objets reflète les contraintes des écrans de l'époque, de tailles réduites, tandis que les écrans actuels permettent de dérouler le fil de la composition avec une logique plus lisible. Bien que l'écriture de ce type ne soit pas immédiatement intuitive et ne révèle pas aisément la structure de la pièce, un simple travail de décorticage suffit, sans modification des connexions : il s'agit de réagencer les objets pour dérouler la structure des connexions. Seules deux instructions de type send ont été ajoutées pour alléger la lecture et segmenter le patch en deux parties distinctes : d'un côté la séquence, de l'autre les listes d'accords — une forme de partition d'ordre. La simplicité de ce patch contraste avec les optimisations concises des patchs « officiels » des duos. Il est probable que J.-C. Risset l'ait conçu seul, installé au piano avec l'ordinateur sur le pupitre, ce qui expliquerait la redondance de certains messages — une manière d'aller plus vite

que par une programmation plus compacte mais plus longue à mettre en place. Ce patch semble ainsi refléter l'esprit de la pièce *Plectre*, comme une photographie du moment de création, mêlant spontanéité de l'improvisation et structures préétablies, inspiré par les accords silencieux de *Résonances*. Plusieurs indices laissent penser à une écriture rapide : la présence de messages on et off séparés permet de gérer les offsets de déclenchement de manière très simple (via delay et bang), et chaque événement dispose de son propre couple send/receive, ce qui, bien que rendant le patch plus difficile à lire, renforce sa robustesse en éliminant les erreurs de routage ou les conditions. Ce patcher semble avoir été une interface d'écriture « sur le pupitre du piano », plutôt que sur table ou à l'ordinateur. L'ordinateur y est compagnon, mais la question de l'interaction entre le pianiste et la machine reste posée. On peut imaginer un jeu libre sur les cordes, à la manière d'une harpe, mais en réalité l'interaction est réduite : trois séquences fixes sont déclenchées, sans retour ni feedback adaptatif du système selon le jeu du pianiste (séquences A à I, sans I, J, L, O — probablement retirées d'un ensemble plus long). Enfin, la complexité d'accès au patch laisse supposer qu'il est resté dans un état en cours d'édition. Bien que parfaitement autonome et fonctionnel en exécution, la présentation du patch ne semble pas avoir fait l'objet d'un soin particulier. Certains indices étayent cette lecture : la présence d'objets restés sans usage oriente vers l'hypothèse d'un travail mené uniquement par JCR. Le patch n'aurait ainsi pas été préparé ni réarrangé par un RIM, dont l'intervention aurait « probablement » visé à en clarifier la disposition graphique pour en faciliter la lecture.

Les figures 75 à 78 présentent des copies d'écran de la réécriture du patch *Plectremanca* dans Max 9. Le patch est disponible dans les archives numériques avec une session Reaper avec un enregistrement audio de Risset combinant représentations audio et midi.

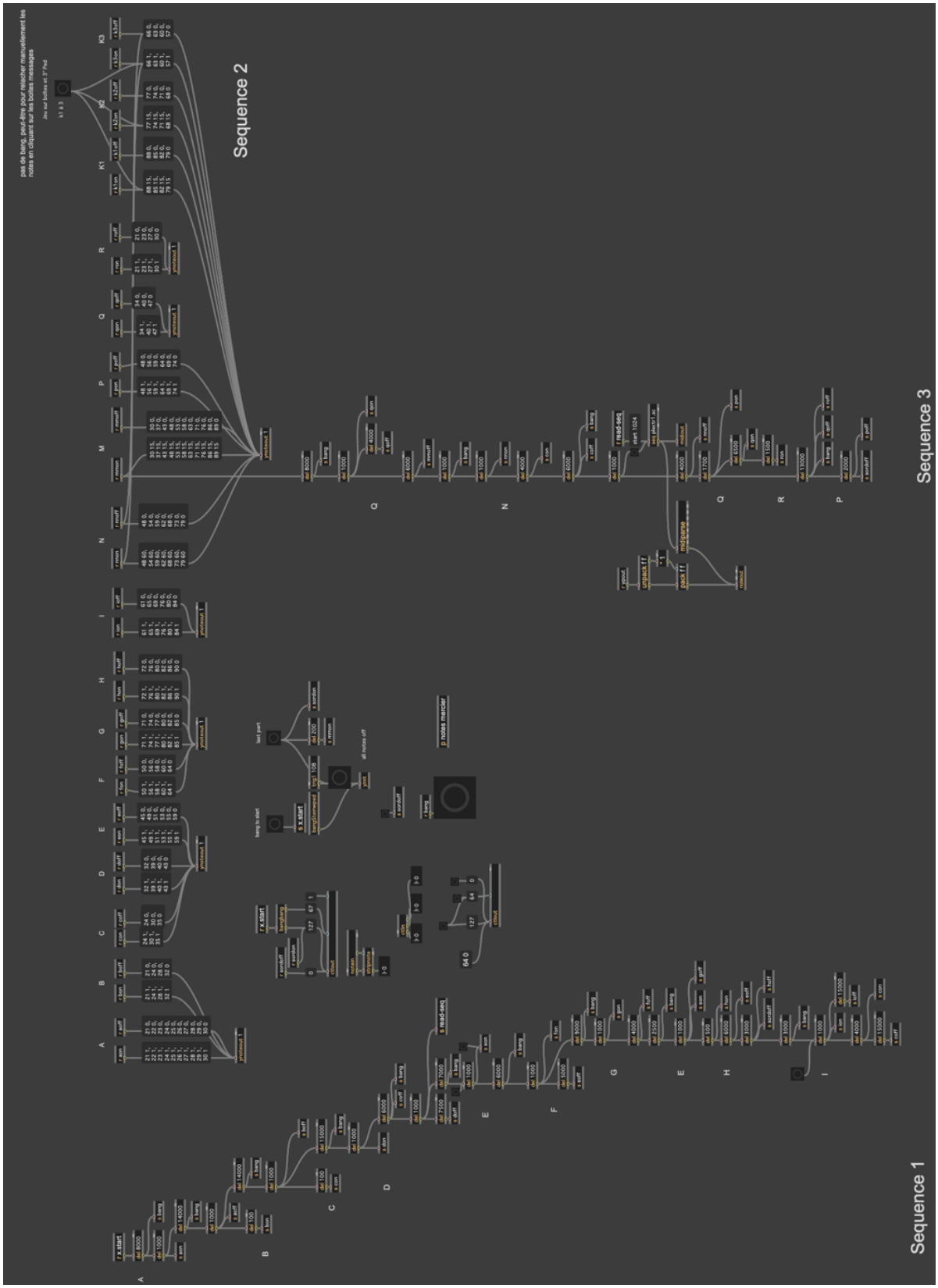


Figure 75 : Le patch plectremanca, déroulé dans Max 9. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

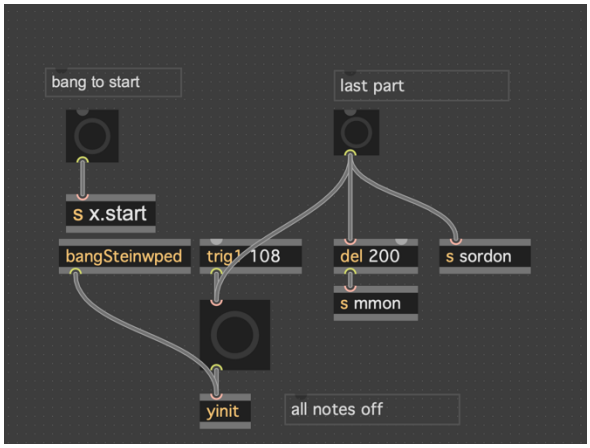


Figure 76 : Initialisation et déclenchement du patch plectremanca.pat. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

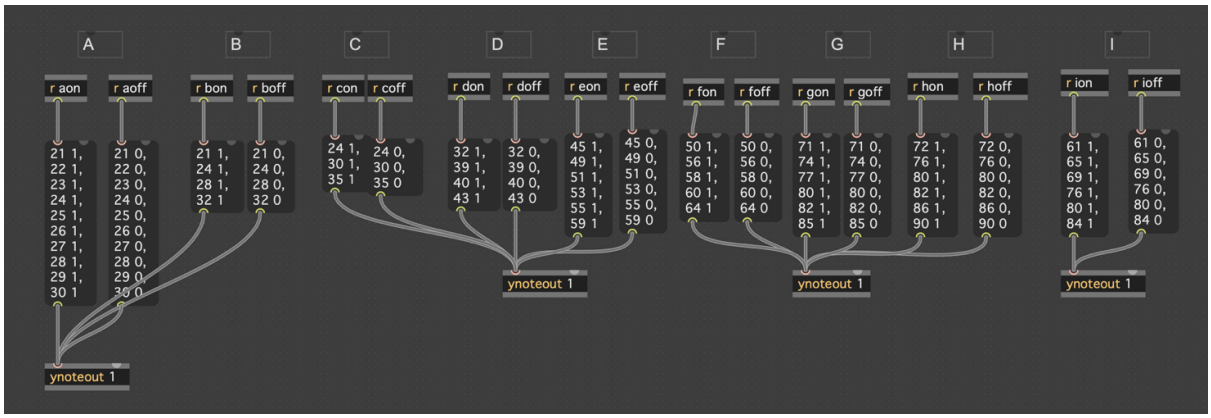


Figure 77 : Les 9 premiers accords de *Plectre* (Manca). Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

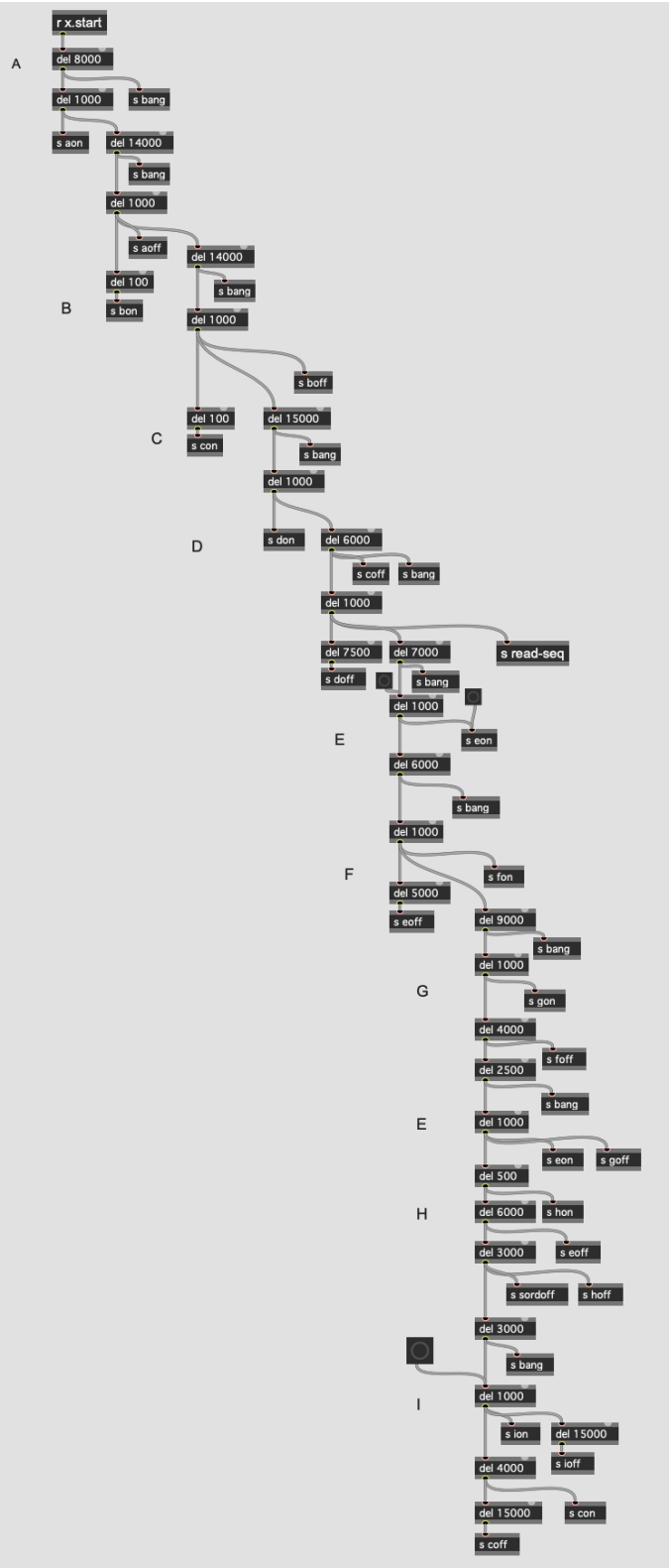


Figure 78 : Séquence de déclenchement automatique des premiers accords. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Archive sonore

Bien que Risset lui-même pensait n'avoir aucun enregistrement de *Plectre*, nous avons retrouvé dans les archives numériques un enregistrement daté de 1997 où Risset essaie de rejouer la

pièce au Disklavier. La pièce est incomplète mais nous permet d'avoir une source directe sur la manière dont il abordait le piano avec le jeu directement sur les cordes. Tous les autres témoignages sont des sélections d'enregistrements qui ont été insérés dans d'autres pièces. L'enregistrement retrouvé offre un témoignage précieux. Le fichier était corrompu et semblait illisible mais Risset l'a conservé méthodiquement dans plusieurs de ses archives sonores numériques. Une restauration avec Audacity nous a permis de réinterpréter les données brutes du fichier, ce qui permet de confirmer l'ordonnancement de l'exécution du patch et les modes de jeu figurant sur la partition.

Cet enregistrement annoté est disponible dans les annexes numériques sous forme de sessions Reaper et d'un projet iAnalyse.

9.6 Un inédit, *Stochattop* ou *Stochatta* ?

Une exception apparaît dans les archives : un fichier laissé de côté mais conservé, dont il est possible que des versions alternatives subsistent sur disquette. JCR[360] a principalement conservé les fichiers qui lui étaient utiles, et celui-ci n'a été supprimé des copies successives que tardivement. La dernière sauvegarde enregistrée date du 28 février 1989 à 11 h 48. Les archives numériques indiquent qu'au cours de l'année 1990 le fichier n'était probablement plus interprétable dans la version Max 2. Toutefois, JCR l'a conservé jusqu'en 1995, et même jusqu'en 2010 dans une archive rare. Cela conduit à envisager que Risset en gardait un souvenir fonctionnel, et que ce patch possédait pour lui une valeur spécifique. La figure 79 présente une partition retrouvée dans les archives papier. Elle comporte des indications de noms de fichiers correspondant à ceux que l'on retrouve dans les archives numériques.

[360] JCR pour Jean-Claude Risset

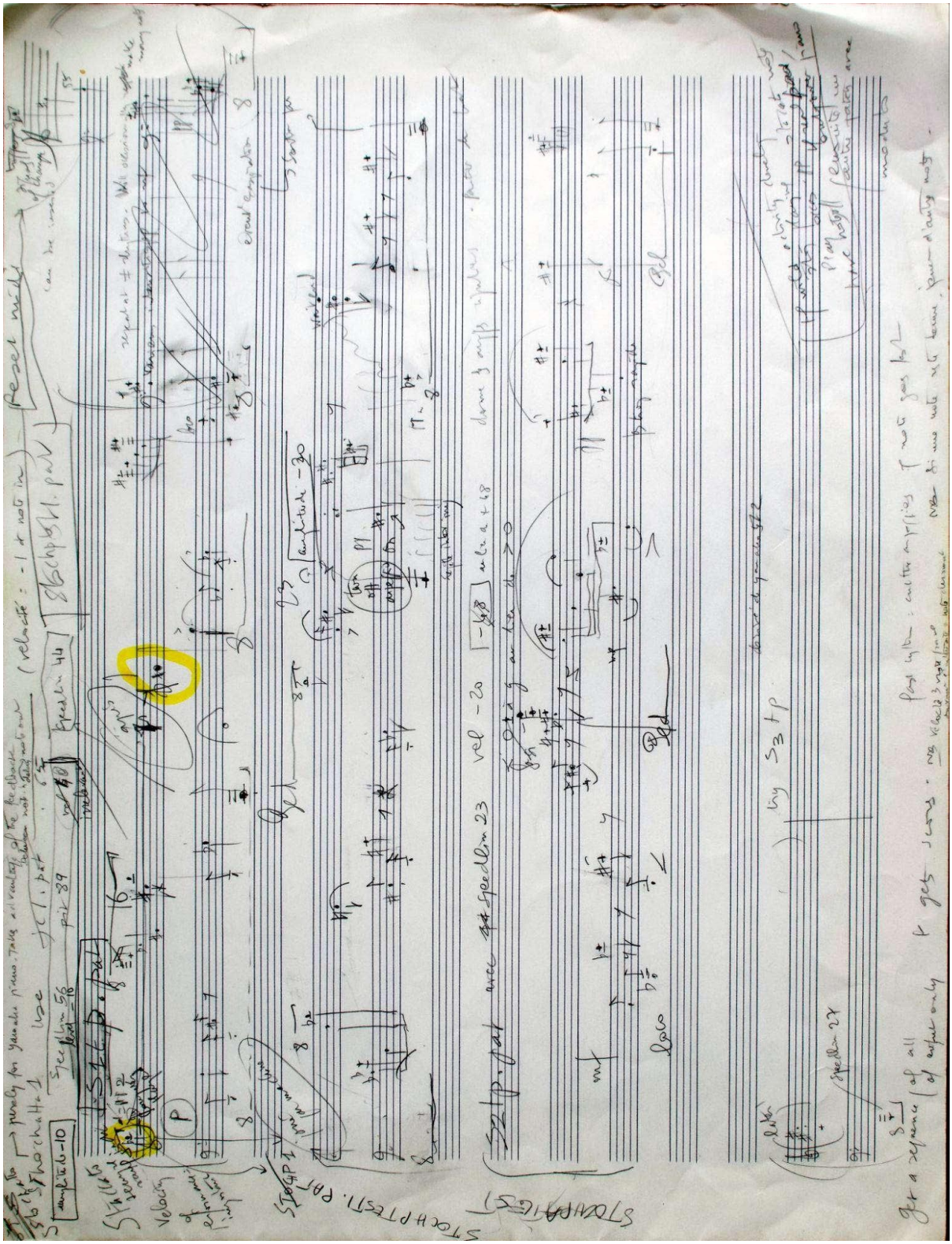


Figure 79 : Esquisse Stochastique découverte dans les archives du fonds Risset Prism, source : foW11_004 IMG_0062.JPG

Les figures 80 à 82 présentent les fichiers retrouvés dans l'archive numérique. Très peu représentés dans l'ensemble, ces fichiers n'ont probablement pas été ouverts depuis 1989 mais ont pu être parfois recopiés jusqu'en 2014 selon les supports et dossiers de sauvegarde.

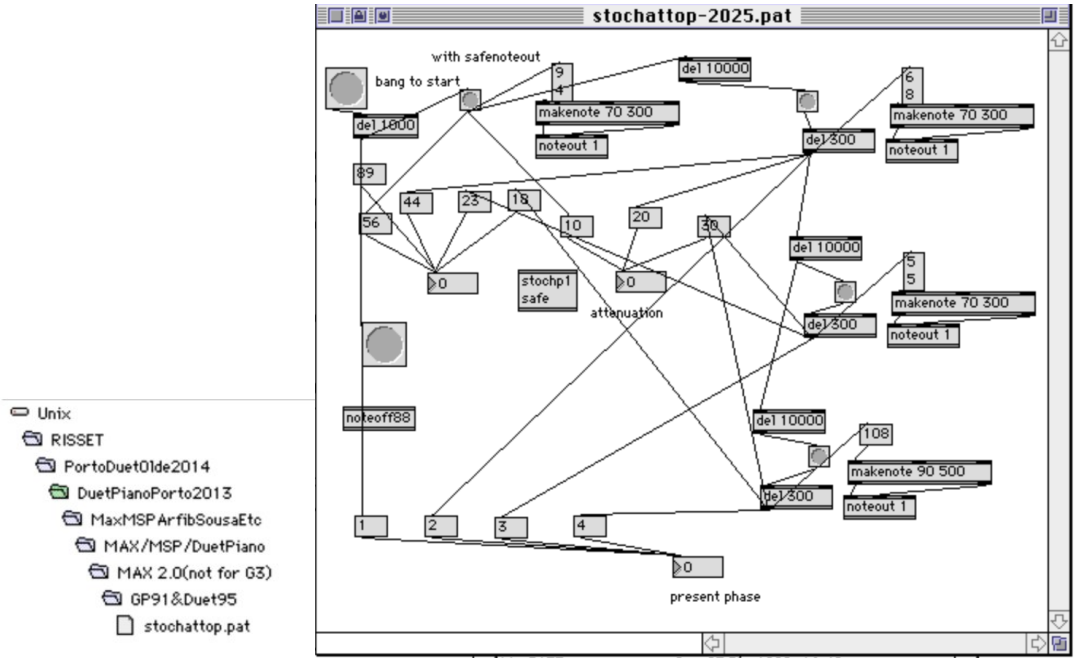


Figure 80 : Patch retrouvé dans le dossier GP91, nommé initialement *stochattop*. Si le patch souffre de nombreuses mauvaises connexions et n'est pas utilisable dans l'état, on peut néanmoins comprendre la structure temporelle d'une séquence constituée de délais, et voir que le cœur du processus doit être dans l'abstraction **stochp1safe**.

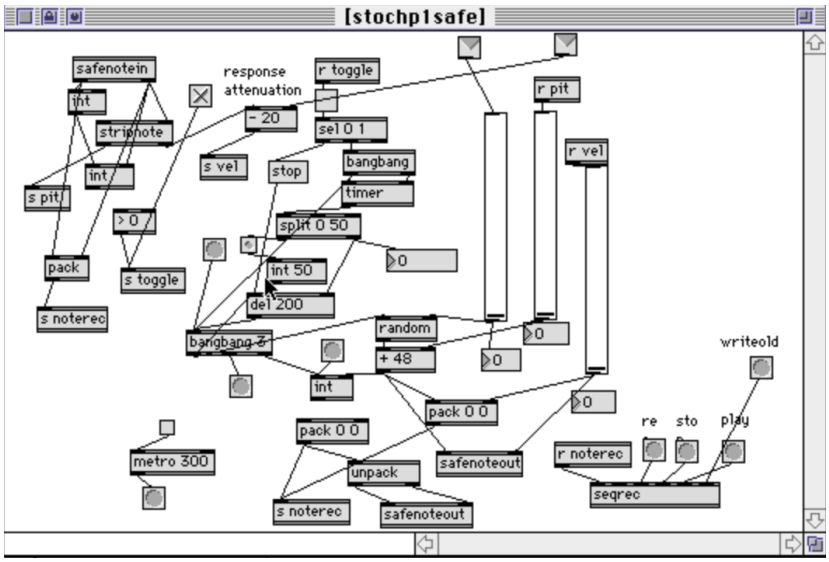


Figure 81 : Patch stochp1safe, comme le patch parent, dans la version commerciale de Max 2, le patch n'est pas fonctionnel. Source : archives numériques Risset

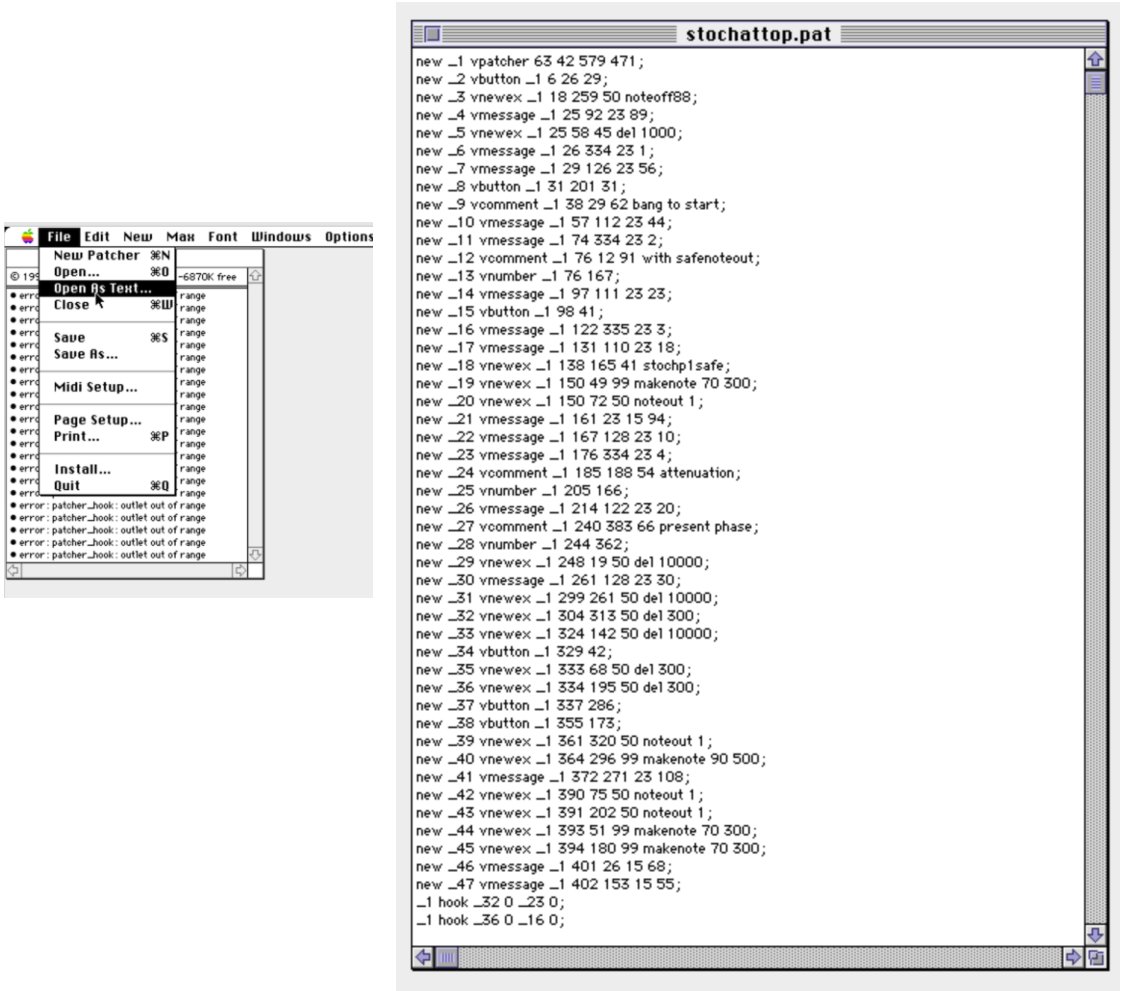


Figure 82 : Le patch Stochattop ouvert comme un texte dans Max 2.5.2, permet d'interpréter les connexions pour les recréer manuellement. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

L'ordinateur génère des notes aléatoires dans un ambitus défini par une séquence de hauteurs fixée dans le patch (succession de délais). Ces notes sont ensuite transposées par le jeu du pianiste et adaptées à sa dynamique. Le résultat pouvait être enregistré à l'aide de *seq rec*.

Les deux figures 83 et 84 présentent le patch *Stochattop* reconstitué dans Max 9. Les boîtes en rouge correspondent à des objets ajoutés afin de simplifier la lecture du patch, sans en modifier le fonctionnement d'origine. De la même manière, certaines combinaisons d'objets ont été supprimées lorsque leur regroupement permettait une visualisation plus claire. Ce principe de séquence intégré dans un même patch sera récurrent dans la production de musique mixte. Dans le cas présent, il s'agit probablement de l'un des premiers exemples réalisés avec Max en 1989, sans l'intervention d'un assistant.

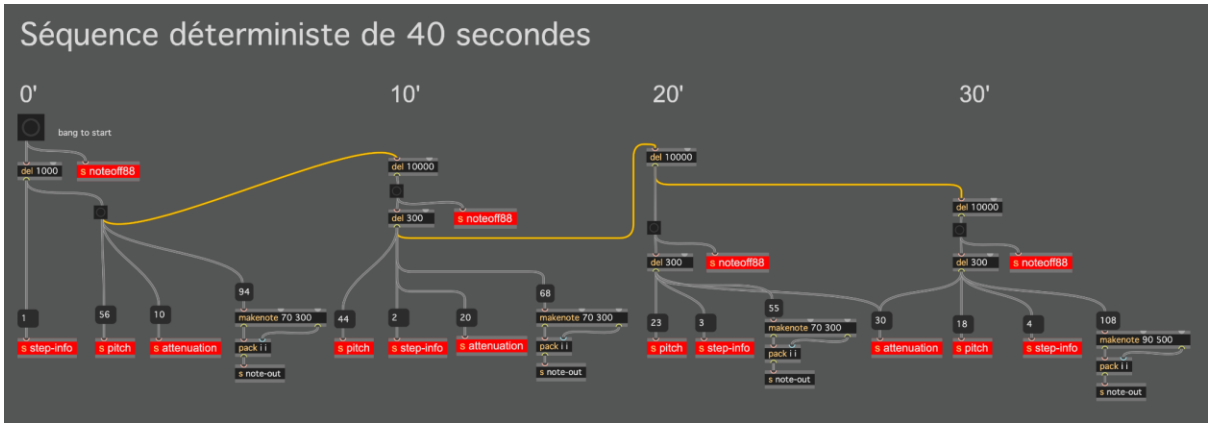


Figure 83 : Déroulement de la séquence déterministe mise à plat, reconstitué dans Max 9. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

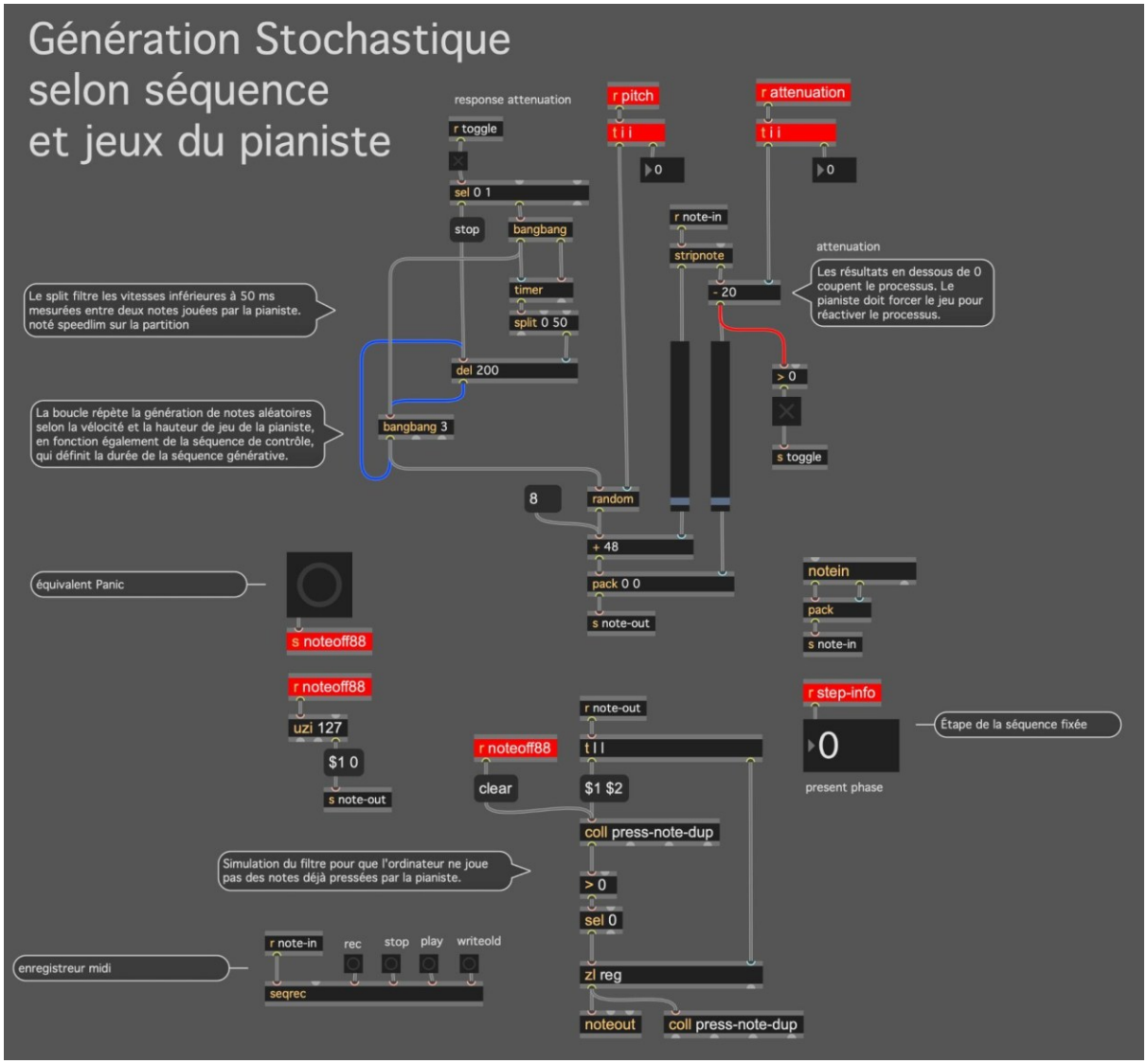


Figure 84 : Recréation du patch stochp1safe dans Max 9. Sources : Maxence Mercier (2025), d'après les archives numériques Risset

Le fonctionnement repose sur une condition liée à la vélocité : si celle-ci excède les variables d'atténuation, une boucle de répétition est activée sur l'objet *random*. Pour interrompre cette

boucle, l'instrumentiste doit produire une valeur inférieure au Maximum défini par la séquence paramétrique. Le filtrage introduit en réponse au problème de retour mécanique du Disklavier joue ici un rôle essentiel. Il permet d'épuiser progressivement le réservoir de notes stochastiques ; une fois ce réservoir vidé, aucune nouvelle note n'est générée, mais les touches restent enfoncées, permettant aux cordes de vibrer par sympathie.

Cette esquisse fonctionnelle constitue l'une des premières réalisations de JCR conservées dans les archives relatives au Disklavier. Les patchs sont enregistrés dans un format primitif de « Max 2 alpha », utilisé en 1989, mais devenu incompatible avec les versions ultérieures de Max dès 1990. Le fichier d'origine, daté de février 1989 — soit trois mois avant la création des premières esquisses rendues publiques — laisse supposer qu'il s'agit de la première tentative fonctionnelle[361]. On y retrouve déjà plusieurs comportements génératifs qui seront développés dans des versions ultérieures.

Ce patch n'a pas été réutilisé entre le 17 et le 25 février 1989. Toutefois, la partition associée suggère qu'il pouvait être destiné à devenir une pièce. Bien que sauvegardés sur différents supports, les fichiers n'ont pas pu être réactivés en raison de leur incompatibilité technique. Cette situation suggère que JCR considérait cet essai comme une étape significative, malgré le verrouillage technologique imposé par le format.

L'incompatibilité entre les versions alpha de « Max 2 » et la version commercialisée par Opcode empêche en effet de restituer correctement les connexions entre objets lors du chargement d'un patch réalisé avec « Max 2 alpha ». Il est probable que ce patch n'ait plus été utilisable dès l'été de l'année 1989. Sa réactivation nécessite de ré-interpréter le code. Le travail à été effectué en deux à trois heures. Il a fallu reconstruire les connexions entre les objets puis les ré-agencer pour comprendre leur fonctionnement. La logique de connexion est parfois simple à comprendre.

Les figures 85 et 86 présentent des éléments de preuve permettant d'affirmer que cette pièce aurait pu avoir une réelle existence. Elle ne figurera sur aucun programme officiel, mais une note volante laisse supposer qu'une pièce nommée *Stocchat* aurait pu figurer sur la liste des pièces envisagées pour la création des *Duets*. Cette pièce aurait pu être jouée entre *Fractal* et *Agrandissement* (noté *Stretch* sur la note). Il y aurait ainsi eu neuf duos pour un pianiste. Mais cette pièce glissera vers la fin du programme et disparaîtra.

Tout indique que cette note prépare une démonstration en cours de réalisation, liée à la résidence de Risset au MIT au sein de l'équipe de Barry Vercoe. Probablement conçue comme une séance interne, visant à présenter aux chercheurs du laboratoire les principes découverts pour ses compositions à destination du Disklavier. La capture d'écran du patch d'origine (figure 86),

[361] Cette constatation repose sur les sources numériques conservées par Risset. Néanmoins, si des disquettes de sauvegarde encore lisibles venaient à être retrouvées elles pourraient révéler d'autres ébauches, réalisées en 1988.

très proche de celui que nous avons pu restaurer, montre que l'approche intuitive et stochastique de Risset était déjà à l'œuvre dès ces premières esquisses. La rigueur scientifique l'amena toutefois à écarter cette orientation, préférant sans doute démontrer et défendre le contrôle et l'expressivité propres aux principes originaux de ses autres compositions, avant d'envisager une séquence finale ouverte à l'improvisation et aux processus aléatoires.

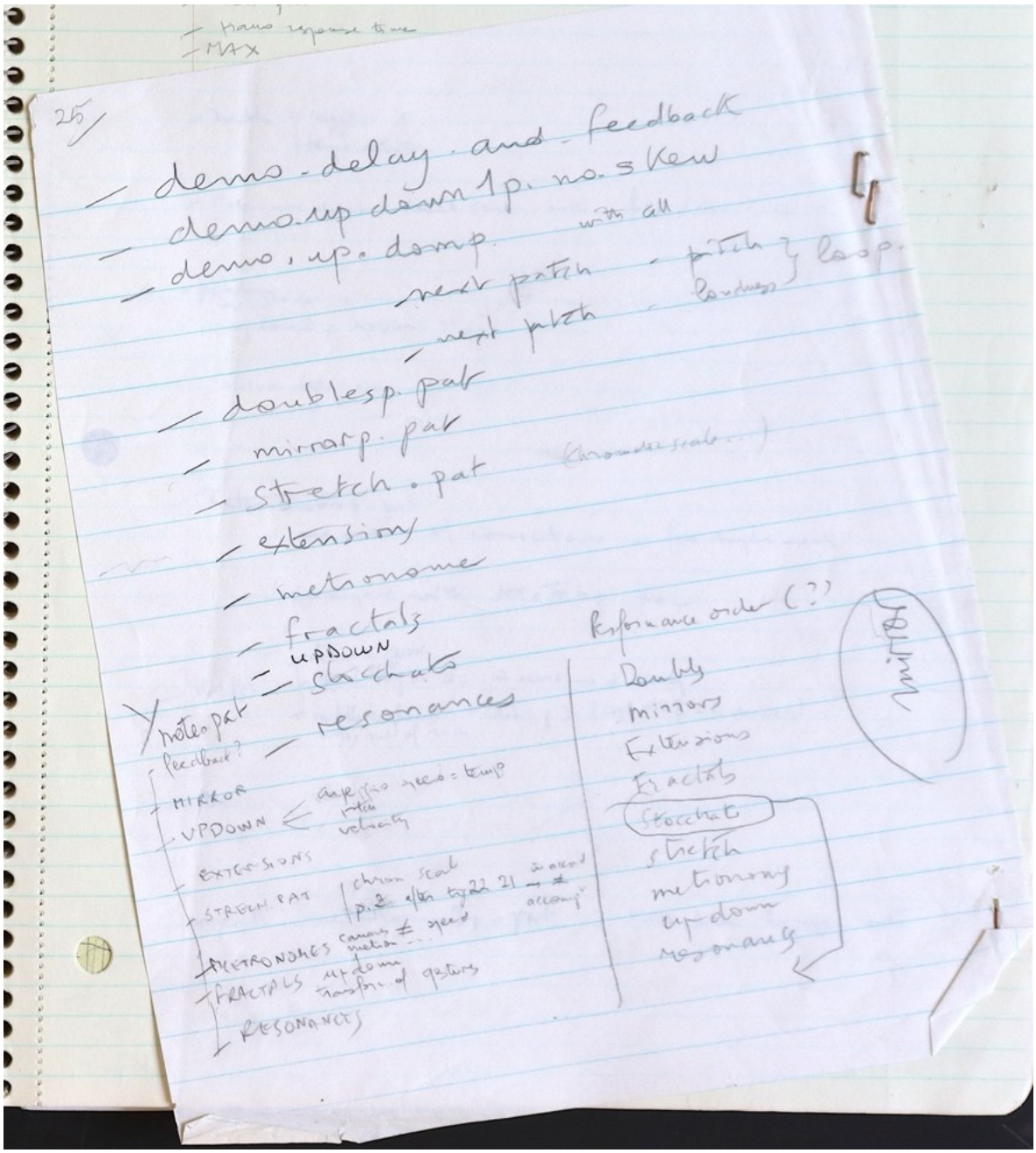


Figure 85 : Feuillet volant, *Stocchat* éliminé ? date inconnu, source PRISM_JCR_W28_ 001_12_046 2,

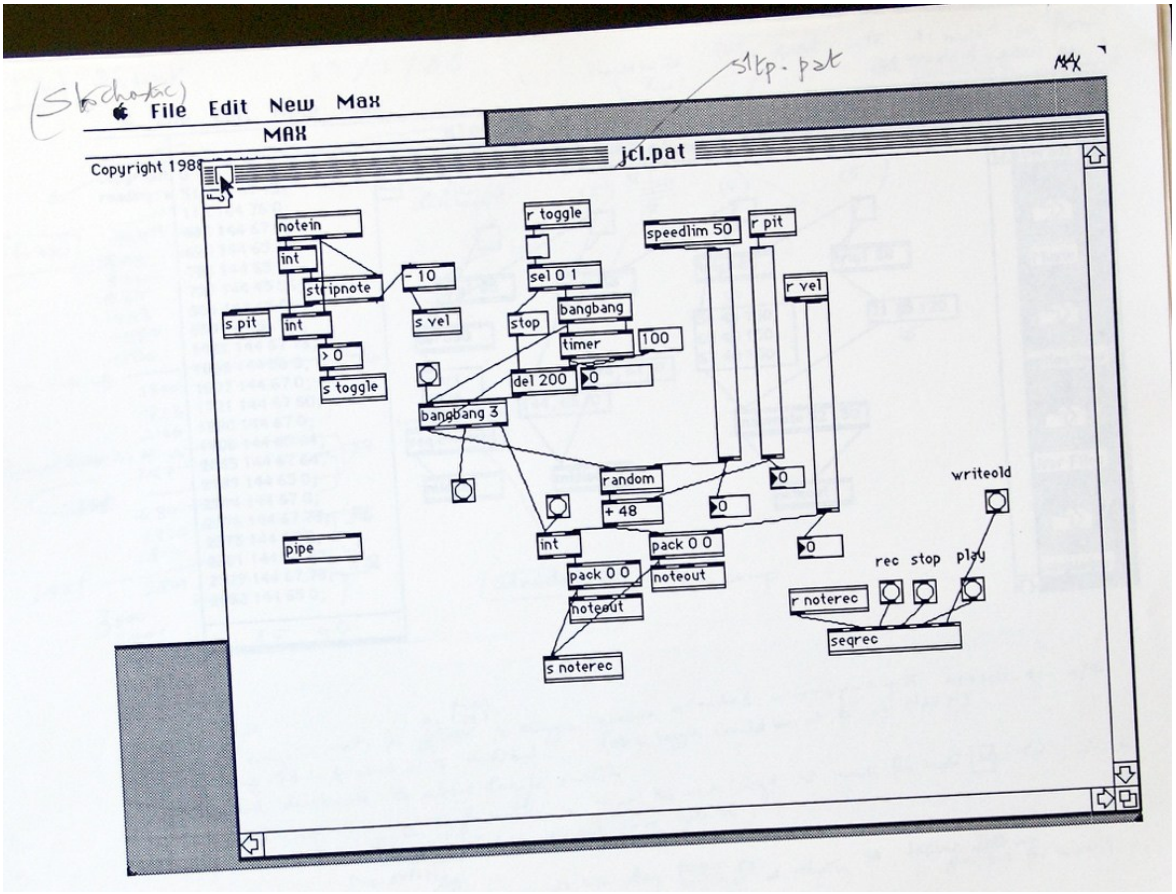


Figure 86 : Copie d'écran d'un patch disparu, à l'origine du principe génératif et aléatoire de *Stochattop*, date inconnu, PRISM_JCR_W28_001_2_089.jpeg,

9,7 Préservation

9.7.1 Reconstitution et mise à jour des patchs Disklavier : stabilité et flexibilité dans Max

L'étude des archives de Jean-Claude Risset montre de manière explicite sa préférence pour les versions de patchs Max adaptées par Robert Dudas dans les années 1990 pour le pilotage du Disklavier. Cette préférence est attestée dans la correspondance de Risset dans des mails qu'il a lui-même conservés sous forme de pdf ou d'impressions que l'on retrouve dans ses archives papier (échange avec R. Dudas en 97, avec D. Ziccarelli en 2012).

Bien que des adaptations plus récentes aient été réalisées, notamment par l'équipe d'Antonio Sousa Dias, Risset a continué à utiliser, jusque dans ses derniers travaux, les versions dites *Duet* mises à jour par Dudas. Celles-ci, issues du portage de Max 2,0/2,5 vers Max 3 et parfois Max 4, se distinguent par une architecture sobre, directement héritée des esquisses originales. Dans ces échanges, Risset précise que ces versions lui offraient la stabilité et la précision temporelle qu'il attendait pour le jeu en temps réel, qualités qu'il ne retrouvait pas complètement dans les adaptations ultérieures développées sous Max 5 ou Max 6. Sa fidélité à ces patchs anciens ne relevait pas d'un archaïsme technique, mais d'une évaluation pragmatique : leur

comportement correspondait plus fidèlement à la réponse du Disklavier en interaction avec son propre jeu et ses propres objectifs expressifs.

Dans l'environnement Max, la reconstitution ou la mise à jour d'un patch conçu pour piloter un Disklavier pose une difficulté particulière : le comportement d'un patch ne dépend pas seulement des objets qu'il contient, mais aussi de l'ordonnancement exact des connexions, du rôle des entrées dites « chaudes » et « froides », et de l'état de la mémoire au moment de l'exécution. Ainsi, deux patchs visuellement identiques peuvent produire des résultats différents, ce qui rend délicate la réactivation d'anciens dispositifs.

Jean-Claude Risset illustre bien cette problématique par son usage prolongé des patchs mis à jour par Robert Dudas dans les années 1990. Ces versions, issues du portage de Max 2,0 vers 2.5 vers Max 3 et parfois Max 4, conservent une architecture sobre : un à deux niveaux d'abstraction, routage direct et explicite, aucun chargement dynamique d'objets. Les paramètres et événements y sont pilotés par des qlist et des séquences MIDI, jouables ou modifiables sans toucher à la structure du patch. Cette conception figée maintient la mémoire stable, réduit les variations de timing et rend l'exécution prévisible — un avantage déterminant pour le jeu en temps réel sur Disklavier. Chez Dudas, la sobriété structurelle ne signifie pas l'absence de contrôle paramétrique, mais minimise les besoins de reconfiguration interne pendant l'exécution.

À l'opposé, l'architecture développée par l'équipe d'Antonio Sousa Dias adopte une approche modulaire qui sépare la structure technique du patch et l'espace paramétrique de la partition. Les paramètres de l'œuvre (timing, séquences, traitements) sont stockés dans des fichiers externes, modifiables sans intervention sur la structure interne du programme. L'avantage est une flexibilité potentiellement accrue du programme qui pourra changer d'espace paramétrique pour d'autres projets, sans avoir à retoucher au patch.

L'approche Dudas, avec sa structure figée, minimise les risques et assure une exécution stable, au prix d'une moindre souplesse pour modifier rapidement l'œuvre. L'approche Sousa Dias Maximise la capacité d'adaptation et la maintenance des partitions complexes, mais requiert une stabilisation poussée avant la performance.

Ces considérations, qui mettent en évidence la sensibilité d'un patch Max au moindre changement dans sa structure, permettent d'anticiper les dérives potentielles dans l'interprétation des *Duos*, liées cette fois aux limites matérielles propres au Disklavier lui-même.

Contraintes et innovations

Risset était obligé de composer avec les spécificités mécaniques du Disklavier. Il s'agissait des premières versions, à la fois le modèle à queue[362] et son équivalent en piano droit. Ces contraintes l'ont poussé bien plus loin que ce que l'on imagine. Ce qu'il a réalisé dès la fin des

[362] Yamaha Conservatory C3 et MX100 (équivalent U1 équipé du système Disklavier)

années 80 est encore inégalé en 2025. Depuis Max, les fonctionnalités de Max pour la partie MIDI n'ont guère changé, elles se sont par contre étendues aux possibilités de la norme MPE[363] — qui précisément élargit potentiellement les possibilités. Cependant, malgré la diversité des programmes pouvant générer des données midi en temps réel, offerte à tout public, notamment au sein de Live qui intègre Max, on observe très peu de réalisations comparables aux duos pour un pianiste. Les tendances restent à la génération de milliers de possibilités à filtrer selon l'utilité, et c'est là l'extrême inverse du travail de Risset sur le Disklavier…
À l'heure où l'IA générative s'immisce dans tous les domaines de l'écriture, l'approche « électronique » de Risset pour le Disklavier se distingue par sa frugalité. Les raffinements de cette écriture nécessitent d'être incarnés et pratiqués pour être pleinement compris et formalisés. Les Duos pour un pianiste resteront emblématiques, tant pour leur efficacité que pour la diversité des modes de jeu qu'ils mettent en œuvre

La préférence de Jean-Claude Risset pour les patchs Max adaptés par Robert Dudas ne relevait pas d'un choix nostalgique, mais d'une nécessité pratique : ces versions garantissent une stabilité et une précision indispensables pour le jeu sur le Disklavier. Cet instrument, dans ses premiers modèles à queue ou droits, possédait des caractéristiques mécaniques et électroniques particulières — vitesse d'action des marteaux, finesse de la réponse MIDI, réglages de vélocité — qui influençaient directement l'écriture et la réalisation des œuvres. Risset a su transformer ces contraintes en opportunités créatives, en inventant des formes musicales dépassant les limites physiques du jeu humain tout en restant liées à la réalité matérielle de l'instrument.

Le Disklavier : un partenaire expressif mais éphémère

L'instrument au cœur de cette pratique, le Disklavier de Yamaha, ne doit pas être considéré comme un seul type d'instrument générique. Les propriétés mécaniques et électroniques des premiers modèles sont cruciales pour comprendre l'œuvre de Risset. Ces propriétés concernent des temps de latence et de réponse spécifiques à chaque modèle de piano équipé d'un système Disklavier.

Le piano demi-queue C3 « Conservatory » du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), sur lequel Risset a travaillé, est réputé pour générer un « nuage harmonique généreux », une qualité sonore que les modèles plus récents ont cherché à maîtriser. Cette richesse acoustique, notamment le phénomène de résonance sympathique, a été consciemment exploitée par le compositeur dans ses pièces. Il est probable que Risset ait affiné ses compositions « à l'écoute », en dialogue direct avec les réactions de cet instrument particulier (figure 87).

L'état précaire actuel de ce piano historique souligne l'urgence de l'archivage. Son électronique vieillissante a nécessité une maintenance en 2022 par un spécialiste de Londres, seule personne capable d'intervenir sur ce modèle pour remettre en état la mécanique et l'électro-

[363] https://midi.org/mpe-midi-polyphonic-expression (consulté le 15 août 2025)

nique du piano qui était devenue défaillante. L'instrument est aujourd'hui réparé, mais sa fragilité physique fait écho à l'obsolescence du numérique. La conservation de l'œuvre ne peut donc se limiter au code ; elle doit prendre en compte le dialogue unique entre un logiciel spécifique et un instrument qui n'est pas éternel, car vraisemblablement tôt ou tard, son électronique ne fonctionnera plus.

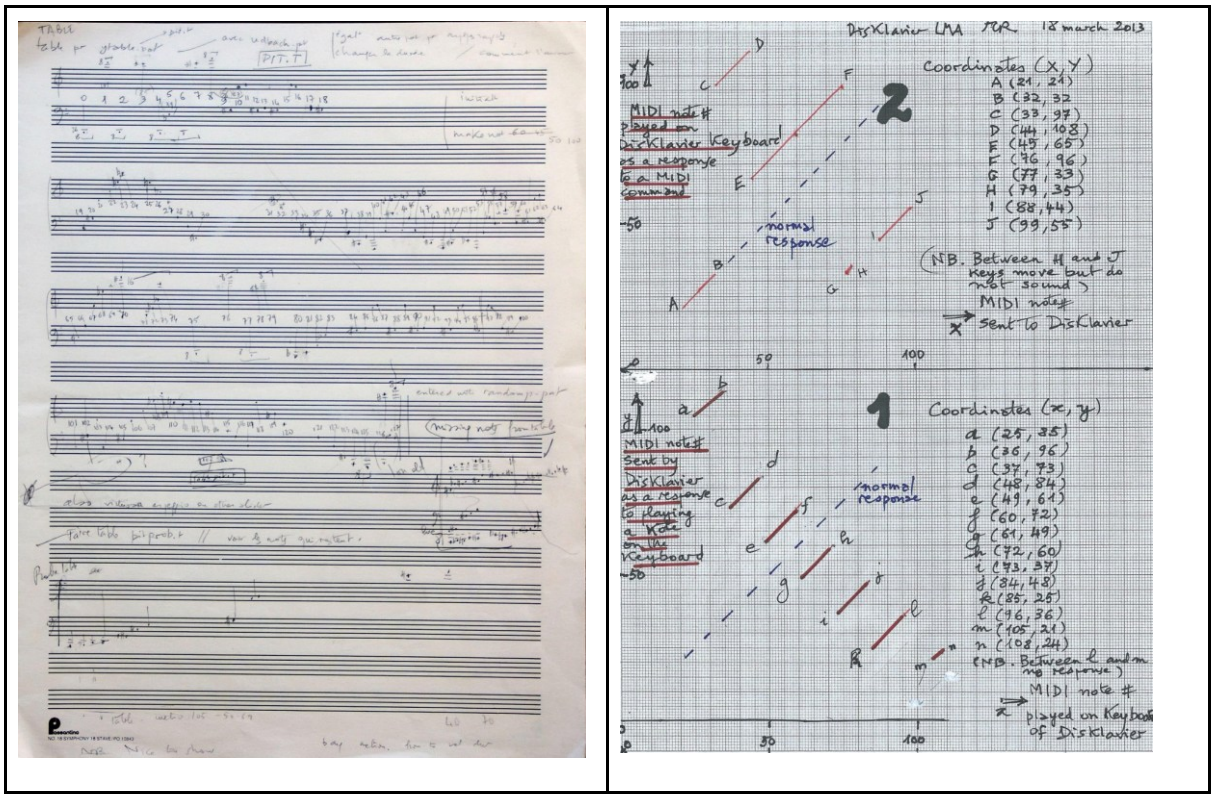


Figure 87 : Différents relevés de Risset sur la réponse du Disklavier sur 2 modèles différents à 25 ans d'intervalle, à gauche au MIT en 1989, à droite au LMA en 2014. Source : Archives Risset Prism et archives numériques

L'instrument Disklavier n'est pas totalement inter-échangeable : outre ses qualités, ce sont surtout ses défauts qui sont des éléments constitutifs de l'identité de l'œuvre — avant même d'être une signature de l'époque.

La réponse de ces instruments a changé, et il est maintenant important de pouvoir garder trace de la réponse du piano d'origine. Le protocole de Chrysi Nanou qui a été soutenu par JCR semble une démarche importante à réaliser tant que ce piano est encore en état de fonctionnement.

9.7.3 Méthodologie de Chrysi Nanou

Le travail mené par Chrysi Nanou[364] sur *Duet for One Pianist*, initié dès 2008 avec Robert Hamilton et en collaboration avec Jean-Claude Risset (JCR), s'inscrivait dans une démarche

[364] NAMOU, Chrysi, *Duet for One Pianist* [en ligne]. Disponible à l'adresse : https://chrysinanou.net/portfolio/duet-for-one-pianist/ (consulté le 16 août 2025).

de virtualisation historique[365]. Face à l'obsolescence technologique menaçant l'exécution et la compréhension de cette œuvre, sa méthodologie repose sur deux axes complémentaires : la mise à jour logicielle et la constitution d'une archive critique augmentée. Cependant, seules les pièces les plus connues des duos ont été correctement portées, et un travail de portage et de réactivation reste à poursuivre, d'autant plus avec les contraintes matérielles du Disklavier d'origine encore fonctionnel. Les nouveaux modèles sont compatibles avec les nouveaux portages, mais leur réaction sera forcément différente en fonction de la balistique propre à chaque génération de piano (temps d'action des électro-aimants, réglages standards des marteaux), mais aussi liée à la sonorité de l'instrument. Les premiers modèles à queue, comme le demi-queue « Conservatory » équipant le LMA, sont connus pour générer un nuage harmonique généreux, ce que les modèles récents ont cherché à assagir. Les pièces comme *Résonance*, *Plectre* et *Multiple* utilisent énormément le phénomène de résonance sympathique. Les temps d'exécution de patchs et les choix d'accord opérés par Risset se sont probablement affinés sur ce genre de considérations, à l'écoute, Max permettant d'éditer à la volée les données d'écriture.

En 2008, lors d'une résidence à Stanford, Robert Hamilton a assisté JCR pour porter les patchs vers Max 4, une version plus stable et compatible avec les systèmes actuels. Ce portage a vraisemblablement nécessité une conversion intermédiaire via Max 3, afin de rendre les fichiers accessibles dans l'environnement Max 4, marquant une transition entre des formats binaires obsolètes et un format lisible et modifiable.

Parallèlement à cette actualisation logicielle, Chrysi Nanou a développé une archive critique sous forme de partition augmentée. Celle-ci superpose :

La notation traditionnelle de la partie pianistique, basée sur le manuscrit original de Risset ;

Une transcription des réponses générées par l'ordinateur, obtenues à partir de l'analyse des flux MIDI capturés lors de performances réelles.

Cette transcription, réalisée dans *Finale*, implique une synchronisation minutieuse entre le jeu du pianiste et les processus algorithmiques de Max/MSP. Elle vise à rendre intelligible la logique algorithmique tout en respectant les choix esthétiques de Risset (mesures, rythmes, espacements).

Archivage exhaustif des flux

La méthodologie comprend également l'archivage complet et synchronisé de tous les flux associés à la performance :

- Flux MIDI du pianiste ;
- MIDI généré par le système ;
- Enregistrements audio multipistes ;

[365] NANOU Chrysi., Hamilton, Robert. « For Jean-Claude: [re]Presenting Duet for One Pianist » dans *Proceedings of the International Computer Music Association Conference*, Montreal, Canada, 2009.

- Vidéos des performances, le cas échéant.

Cette stratégie permet non seulement de documenter la pièce, mais aussi d'en préserver les qualités expressives spécifiques, y compris les fluctuations de timing et les artefacts logiciels liés à l'environnement d'origine.

Finalité : transmission et réactivation

L'objectif de cette méthodologie est de rendre l'œuvre :

- Compréhensible dans ses dimensions structurelles, expressives et techniques ;
- Transmissible à de futurs interprètes, chercheurs ou développeurs ;
- Reprogrammable, dans un contexte technologique renouvelé.

Elle répond aux enjeux de pérennisation des œuvres numériques en dépassant la simple conservation figée pour proposer une réactivation critique, où la partition devient le vecteur de compréhension, de reconstitution et d'interprétation.

9.8 Conclusion

L'étude des archives numériques de Jean-Claude Risset, et plus spécifiquement des programmes conçus pour le Disklavier, dépasse la simple contribution à un travail de mémoire patrimoniale. Elle impose une réévaluation de nos méthodologies musicologiques face à des objets dont la nature éphémère constitue paradoxalement la source la plus riche d'informations sur le processus créatif. Pour le compositeur comme pour le chercheur, l'analyse de ces matériaux révèle les stratégies techniques et esthétiques déployées dans un contexte de fortes contraintes, qui elles-mêmes ont engendré une économie de moyens d'une inventivité toujours pertinente pour penser l'articulation entre automatisme, générativité, et interaction instrumentale. Ce chapitre a démontré que les patchs Max ne sont pas de simples supports techniques, mais les témoins matériels d'une pensée musicale en action, articulée à des environnements logiciels spécifiques, à des réseaux de collaboration intermittents et à des contextes d'exécution variables. En fusionnant l'analyse technique, la reconstitution historique et la réflexion sur la transmission, cette conclusion se propose de synthétiser les apports de cette enquête, en montrant comment les traces logicielles de Risset nous obligent à repenser la matérialité de l'œuvre numérique et les conditions de sa pérennité.

9.8.1 La trace numérique comme témoignage créatif : une musicologie de l'éphémère

L'exploration des archives de Risset nous confronte à la nécessité de développer une forme de musicologie de la trace, une archéologie du numérique qui traite les artefacts logiciels non comme des documents secondaires, mais comme des textes créatifs primaires. Le patch Max, dans cette perspective, devient l'équivalent du manuscrit ou de l'esquisse du compositeur. L'analyse génétique de la pièce *Plectre* (1995) en est l'illustration la plus éloquente. En suivant

l'évolution des fichiers, de résonances 1p.pat le 2 novembre 1995 à 15 h 54, jusqu'à la version stabilisée plectrem.pat le 5 novembre à 16 h 29, nous disposons d'un journal de bord quasiment minuté du processus de composition. Chaque sauvegarde, chaque changement de nom, chaque réorganisation des objets graphiques témoigne d'une décision, d'une expérimentation, d'une impasse ou d'une avancée. La fragilité inhérente au support numérique, qui pousse le créateur à multiplier les copies de sauvegarde et les versions intermédiaires, engendre paradoxalement un enregistrement d'une granularité temporelle inédite, offrant une vue intime sur le dialogue entre l'intention compositionnelle et les affordances de l'environnement logiciel.

Cette archéologie numérique permet également de mettre au jour des potentiels créatifs restés en sommeil. La redécouverte et la reconstitution de l'esquisse inédite Stochattop est à ce titre exemplaire. Ce fichier, daté de février 1989, soit trois mois avant la création des premiers *Duos pour un pianiste*, a été rendu inutilisable par une modification technique en apparence mineure : un changement dans la gestion de la casse des caractères entre la version Max 2 alpha utilisée par Risset au MIT et la première version commerciale du logiciel. Cette barrière technique n'est pas une simple anecdote ; c'est un événement historique qui a figé une pensée musicale dans le temps. Sa réactivation, trente-six ans plus tard, par une réinterprétation manuelle des connexions du patch, n'est pas seulement une restauration, mais un acte d'exégèse technique et musicologique. L'archive ne contient pas uniquement des œuvres achevées, mais aussi des bifurcations, des projets abandonnés dont l'étude éclaire d'un jour nouveau le répertoire connu.

Enfin, cette approche révèle que l'archive n'est pas le produit d'un esprit solitaire. La nomenclature des fichiers, qui associe souvent les projets à des lieux, des dates ou des collaborateurs et la liste des assistants qui ont contribué aux portages successifs (de Scott Van Duyne à Antonio de Sousa Dias en passant par Richard Dudas et Robert Hamilton) dessinent une cartographie des dépendances humaines et institutionnelles. L'archive fonctionne comme une « technobiographie », traçant non seulement le parcours créatif de Risset, mais aussi sa lutte constante pour maintenir son propre écosystème de création, une lutte menée au sein d'un réseau de compétences distribuées. Le mythe romantique du compositeur numérique seul face à sa machine s'efface au profit d'une réalité plus complexe : celle d'une pratique créative fondamentalement collaborative et interdépendante.

9.8.2 La poétique de la frugalité : le modèle durable de Risset à l'ère de l'abondance générative

En dernière analyse, l'œuvre de Risset pour Disklavier offre un contre-modèle puissant et nécessaire à l'ère de l'abondance computationnelle et de l'intelligence artificielle générative. Sa démarche peut être qualifiée de « poétique de la frugalité ». Les contraintes drastiques des premiers ordinateurs Macintosh et des versions primitives de Max n'ont pas été un frein, mais un moteur créatif. Elles ont imposé une économie de moyens qui a favorisé l'émergence de solutions d'une grande élégance et d'une redoutable efficacité musicale. Là où les outils contemporains nous invitent à « générer des milliers de possibilités à filtrer », l'approche de Risset

était l'exact inverse : construire une complexité émergente à partir de règles simples, maîtrisées et délibérément choisies.

Les archives montrent un compositeur travaillant au piano, l'ordinateur sur le pupitre, dans une boucle de rétroaction constante entre le geste instrumental, l'écoute et l'ajustement du code.[1] La technologie n'est jamais un substitut à l'oreille ou à la main, mais un prolongement du corps du musicien, un partenaire de jeu sensible à l'instrument. C'est cette primauté du geste et de la perception qui rend ses *Duos pour un pianiste* toujours aussi emblématiques et, à bien des égards, inégalés.

Le projet de fusionner l'écriture pour Disklavier, la synthèse sonore et les traitements électroacoustiques, esquissé dans des œuvres comme *Multiples* (2009), est resté en partie inachevé, les efforts de Risset étant de plus en plus absorbés par la lutte contre l'obsolescence. Cette tension finale est poignante : une vision créatrice toujours en expansion, mais freinée par le rythme effréné du changement technologique qu'il avait lui-même contribué à initier.

Finalement, l'intérêt de cette plongée dans les archives est de comprendre les mécanismes d'une création qui a su transformer la contrainte en poésie. Ces pièces pionnières, nées de ressources limitées, demeurent des modèles actifs et activables. Elles nous rappellent que la profondeur artistique ne naît pas de la puissance de calcul brute, mais de la pertinence des questions posées à la machine, et de la finesse de l'écoute pour ce qui concerne la musicalité de l'informatique… Ce travail de recherche, en cherchant à comprendre pour transmettre, s'inscrit dans cette filiation pour que d'autres puissent à leur tour apprendre de cette humilité et de cette inventivité face à la machine. Pour son travail sur le disklavier, l'héritage musical de Jean-Claude Risset ne réside pas seulement dans ses œuvres, il est aussi dans les questions fondamentales qu'elles continuent de poser sur le geste entre art et technologie.

Chapitre 10 Avec Sound Trajectory

> Je ne tends pratiquement jamais ma toile avant de peindre. Je préfère clouer ma toile non tendue au mur ou au sol. J'ai besoin de la résistance d'une surface dure. Au sol je suis plus à l'aise. Je me sens plus proche du tableau, j'en fais davantage partie ; car de cette façon, je peux marcher tout autour, travailler à partir des 4 côtés et être littéralement dans le tableau. C'est une méthode semblable à celle des peintres Indiens de l'Ouest qui travaillent sur le sable.

Dominique Bozo (dir.), Jackson Pollock : 21 janvier-19 avril 1982, Exposition, Paris, Musée national d'art moderne, 1982, 420p.

> Les idées musicales sont prisonnières, et plus qu'on ne le croit, de l'appareillage musical, tout comme les idées scientifiques de leurs dispositifs expérimentaux.

Schaeffer (1966, p. 16-17)[366]

> J'ai peu de goût pour les systèmes experts parce que la logique même de ceux-ci tend à simplifier leur tâche par exclusion du contexte (sur ce point voir par exemple Andler 1986). Or, en tant que compositeur, je m'intéresse particulièrement à la construction d'un contexte : tout contexte est, du point de vue poïétique, singulier, unique. C'est pourquoi ne m'intéressent pas les solutions statistiques globales, ni a fortiori, les représentations qui se veulent universelles tout en étant biaisées par les partis-pris du programmeur (ou des lois du marché) : ces représentations ne sauraient être autre chose que des réductions, des simplifications d'une pensée musicale.

Horacio Vaggione, Composer avec des réseaux d'objets, acte III académie de Bourges, 1997

10.1 Présentation

Sound Trajectory est un logiciel dédié à l'écriture de la spatialisation sonore. Cet article présente ses principales fonctionnalités pour la conception d'espaces sonores immersifs et interactifs. Le logiciel est conçu pour offrir une expérience utilisateur intuitive et expressive avec un minimum de gestes, de paramètres et de commandes, afin de simplifier les processus de création sonore immersive. Il résout en partie la complexité empirique des processus de création sonore immersifs en offrant à son utilisateur une interface relativement sobre. Sa modularité est adaptée au modelage et à l'articulation en temps réel des principaux éléments de la synthèse spatiale pour le studio, la scène et les installations.

Le projet Sound Trajectory[367] (ST) s'inscrit dans la lignée du logiciel Holo-Edit[368], il en partage l'essentiel des problématiques et de nombreux principes pratiques conceptualisés dès la fin des années 90 dans les travaux de Laurent Pottier. Comparé à son aîné, depuis 2017, ST prolonge

[366] SCHAEFFER, Pierre. *Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire*. Paris : Seuil, 1966.

[367] MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory en pratique live », *Journées d'Informatique Musicales*, MSH Paris Nord, May 2023, Saint-Denis, France. ⟨hal-04950064⟩

[368] POTTIER, Laurent., « Dynamical spatialization of sound. HoloPhon : a graphic and algorithmic editor for Sigma1 », Proc. of the *International Conference on Digital Audio Effects* (DAFx), Barcelona, Spain, 1998

les logiques d'écriture et de contrôle de la spatialisation sonore tout en évacuant radicalement la problématique de gestion du temps. Cette gestion est opérée par un seul contrôle continu définissant la position du son sur la trajectoire par une seule valeur exprimée en pourcentage : l'index de position sur une trajectoire.

ST est un logiciel de conception d'espaces sonores immersifs et interactifs. Il offre à son utilisateur une interface multimodale simple et intuitive pour résoudre certaines problématiques de l'écriture de la spatialisation sonore.

Il est aujourd'hui utilisé par une petite communauté de créateurs sonores de styles et d'horizons divers : musique, cinéma, installation, jeu vidéo.

Conçu à l'origine comme une table d'écriture pour la composition, il s'articule autour d'un éditeur de trajectoires tridimensionnelles permettant de spatialiser toute source sonore, de créer des masses spatiales, de synthétiser des espaces acoustiques virtuels vraisemblables ou à l'inverse totalement improbables et inouïs.

Le moteur audio ambisonique de Sound Trajectory utilise la librairie de l'ICST développée par Jan Schacher, et Philippe Kocher[369].

Il est pleinement issu des développements initiés pour la création du *Synesthésium* de Léonore Mercier et Arthur H dont il constitue la couche logicielle et instrumentale[370]. Le *Synesthésium* a permis de formaliser les modes opératoires que Sound Trajectory met en œuvre en assurant la pérennité de ses usages et de son répertoire.

Les derniers développements du logiciel explorent les possibilités de mixage en temps réel par le biais de son interface modulaire offrant des processus d'automation en interaction avec des suiveurs d'enveloppes, par intensités ou analyses de spectres ainsi que par des contrôleurs OSC[371] et MIDI.

10.1.1 Historique

En 2014, j'ai élaboré les fondations du dispositif du *Synesthésium*, un dôme géodésique équipé de 24 haut-parleurs destiné à une diffusion ambisonique 3D. Ce dispositif de création et diffusion était dédié à accueillir le *Cauchemar merveilleux*, une œuvre sonore composée par Léonore Mercier sur un recueil de poésie d'Arthur H[372]. Léonore Mercier avait besoin d'un outil simple lui permettant de s'approprier seule les possibilités de mixage dans un espace 3D sans

---

[369] SCHACHER, Jan and KOCHER Philippe « Ambisonics Spatialization Tools for Max/MSP » In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. New Orleans, LA, June 2006.

[370] MERCIER Léonore, HIGELIN Arthur. « Le Synesthésium », *Académie Sacem*, Manifeste 2015, Ircam Paris, https://www.dailymotion.com/video/x2u9x73 (consulté le 9 aout 2025)

[371] WRIGHT, M. et FREED, A. « Open Sound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers » Proceedings of the International Computer Music Conference 1997, Thessaloniki, Hellas, p. 101-104.

[372] MERCIER Léonore, HIGELIN Arthur « Le cauchemar Merveilleux » reportage fondation Hermès Juillet 2015, https://www.youtube.com/watch?v=v1hIFdBnls0 (consulté le 9 aout 2025)

que cela implique un apprentissage complexe. Sur les bases d'un framework initialement réalisé pour mon opéra multimédia *Iquisme*[373], j'ai conçu un outil permettant de positionner sur des trajectoires les sources sonores d'un mixage 3D. Mon framework tirant parti de la puissance de Jitter à la fois pour la gestion des matrices et la manipulation d'objets en OpenGL, j'ai pu rapidement élaborer une interface d'édition permettant de dessiner des trajectoires en trois dimensions. Une fois qu'une trajectoire était dessinée dans l'espace, le seul paramètre à automatiser depuis un DAW était la position de la source sonore sur cette trajectoire, exprimée en pourcentage. Ce type de contrôle très simple permet une écriture intuitive, « à l'oreille ». Le mixage de la scène spatiale est alors dynamique et extrêmement flexible. Avec le plug-in Tosca chargé dans des bus Pro Tools, Léonore a pu mener à bien ses séances de composition[374]. Profitant des conditions de travail confortables du Studio 1 de L'Ircam, en moins de trois semaines, toutes les pièces sonores du *Cauchemar merveilleux* étaient mixées en 3D. Le répertoire correspond à plus d'une heure de musique composée en mixage objet, avec des sessions comprenant près d'une centaine de pistes pour chaque pièce. La composition, le mixage puis la diffusion en concert ont pu être assurés avec le même outil. La genèse de ce dispositif est documentée par plusieurs vidéos lors de présentations publiques couvrant la création du *Cauchemar merveilleux*[375].

Le logiciel Sound Trajectory commercialisé depuis janvier 2018 est la synthèse d'outils de composition dédiée à l'écriture électronique avec les fonctionnalités développées pour le projet *Synesthésium*.

10.1.2 Fonctionnalités

L'objectif du logiciel est d'appréhender l'expressivité de la spatialisation avec le minimum de gestes. Sa modularité est adaptée au modelage et à l'articulation en temps réel des composantes de la synthèse spatiale pour tout type de dispositif : studio, scène, installation.

Son interface permet de naviguer dans un espace 3D pour y dessiner des trajectoires. Les points de chaque trajectoire sont modifiables dans la visualisation 3D ou dans un tableau de valeurs exprimées en coordonnées cartésiennes ou polaires. Les trajectoires peuvent être transformées par différents procédés de rotation, changement d'échelle, translation, symétrie et inversion. L'éditeur offre différents modes de visualisation et angles de vue activables depuis un bandeau d'icônes représentant les fonctions disponibles. La figure 88 présente l'éditeur d'espace sonore en point de vue libre, on distingue le chutier des différentes pistes et la courbe d'atténuation des sources par la distance.

---

[373] MERCIER, M., *Iquisme*, présentation, vidéo, sources, https://www.maxencemercier.com/iquisme (consulté le 9 août 2025)

[374] CARPENTIER, Thibault, « ToscA : An OSC Communication Plugin for Object-Oriented Spatialization Authoring », Proc. of the 41st International Computer Music Conference (ICMC), p. 368 – 371, Denton, TX, USA, Sept.2015.

[375] MERCIER Léonore, HIGELIN Arthur et MERCIER Maxence « Le Synesthésium et le cauchemar Merveilleux » (2015) https://www.synesthesium.com (consulté le 9 août 2025)

Le logiciel gère jusqu'à 128 trajectoires associées à des sources audio, mono comme multipistes. Les sources multipistes supportent elles-mêmes un nombre illimité de canaux. Un éditeur 3D est dédié à la création de la géométrie des pistes multisources.

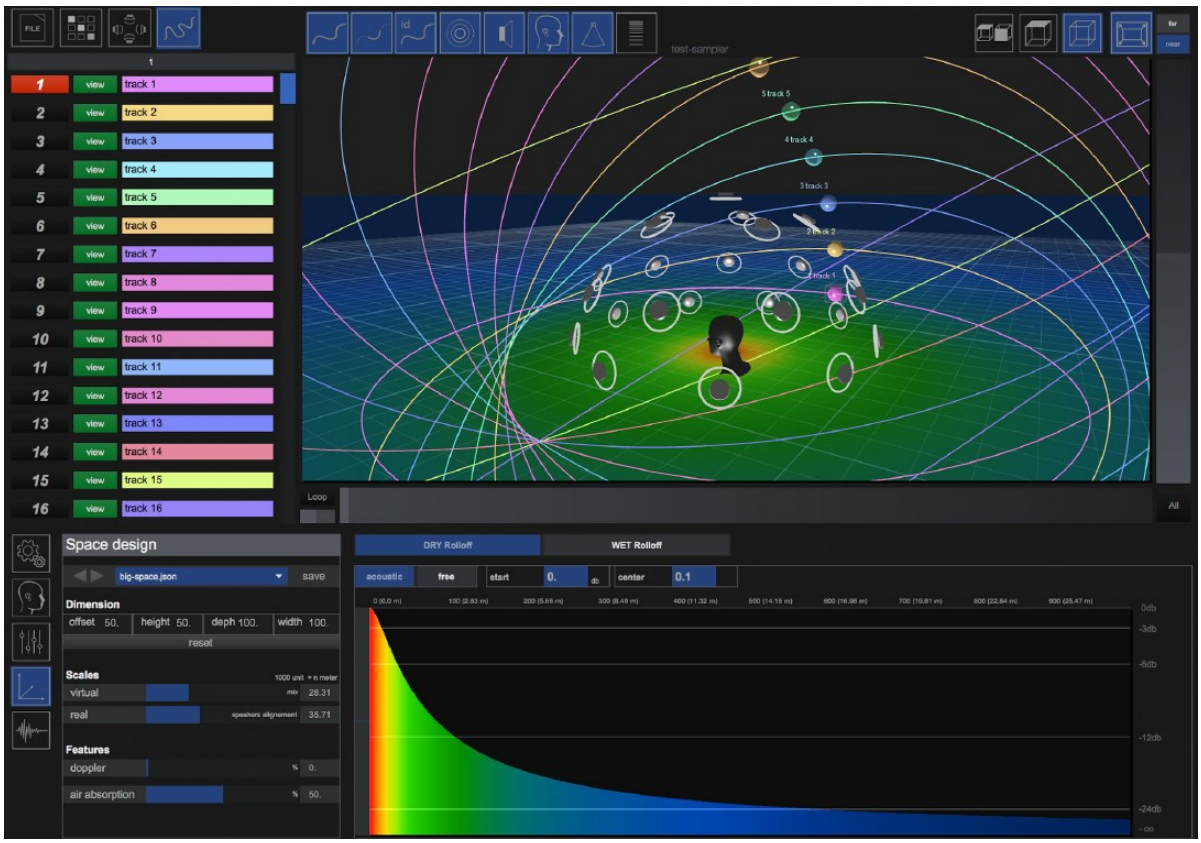


Figure 88 : Interface principale de Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2023).

Sound Trajectory est un instrument ajustable à une variété de diffusions sonores. Le moteur audio gère un nombre illimité d'enceintes. Le « speaker designer » est un éditeur de positionnement des haut-parleurs. Il permet de positionner chaque enceinte dans l'espace réel de diffusion. Toutes les compensations de volume et de temps de délais sont automatiquement calculées pour optimiser la réponse du système et limiter les problèmes de phases. Il est ainsi possible d'adapter le type de mixage aux configurations de diffusion sonore : sphère ambisonique, fulldome, planétarium, salle de concert, théâtre, studio, auditorium, cinéma, etc. Le moteur de rendu audio possède deux bus de sorties. La première est conforme au dispositif défini dans l'éditeur de configuration des haut-parleurs. La seconde sortie est ambisonique et configurable au format Ambix du premier au 11e ordre suivant les spécifications de l'utilisateur.

Le module de réverbération intégré repose sur un algorithme de convolution fonctionnant sur la base d'impulsions. Il s'agit de la réverbération d'Alexander J. Harker développée à l'origine pour Ableton et la suite M4L. Avec l'accord de son auteur, elle est intégrée à Sound Trajectory

et adaptée à une demi-sphère de seize sources discrètes[376]. Une page d'édition, le « space designer », est dédiée à la simulation de l'espace acoustique et expose les paramètres de définition de l'environnement virtuel. Ce module offre une approche similaire au moteur audio des frameworks de jeux vidéo. Les paramètres sont ici accessibles au musicien pour régler intuitivement la réverbération ambisonique : modèle d'impulsion, sweet-spot, courbe d'atténuation, géométrie de l'acoustique virtuelle, dimensions, doppler, atténuation de l'air, etc.

La sauvegarde et le rappel des paramètres du logiciel sont effectués par le gestionnaire de scène. Il est lui-même contrôlable pour assurer la conduite complète d'une œuvre ou d'un mixage.

Un sampleur permet de jouer les sons sur des trajectoires avec une précision à l'échantillon audio. Il résout les problématiques de latence d'un système OSC dans le cadre d'interactions rapides en temps réel.

À la manière des jeux vidéo, l'auditeur virtuel (le listener) peut se déplacer librement ou en suivant une trajectoire.

Pour les projets audiovisuels, un écran virtuel intégré dans l'environnement 3D du logiciel permet de visualiser une source vidéo. Elle peut être synchronisée via MTC (Midi time control) et provenir de sources compatibles avec Syphon[377], Spout[378], Blackmagic. Les formats vidéo en entrée acceptent les standards 4/3 et 16/9 ainsi que les formats spécifiques à la VR à 360° et les Domemaster de 160° à 240° pour les fulldomes. En pratique, il est possible de lire tous les formats d'images, des plus classiques aux plus immersifs. Une sortie optionnelle assurée par Syphon ou Spout permet de visualiser l'environnement 3D de Sound Trajectory dans un fulldome 4K.

Enfin, une page est dédiée à la programmation semi-modulaire permettant un mapping interactif des principales fonctions du logiciel. Ce dernier point offre des possibilités de mixage automatique et de composition algorithmique. Son utilisation repose sur une logique de modules d'analyseurs et d'événements. Les analyseurs génèrent des flux continus ou des triggers envoyés à des événements mappés à une fonction de Sound Trajectory. La variété des modules à base de descripteurs audio, MIDI et OSC ouvre la perspective de scénarios interactifs entièrement dynamiques et relativement simples d'usage.

10.1.3 Singularité de Sound Trajectory

Sound Trajectory s'insère dans un environnement de production utilisant le protocole OSC. Son interface et ses fonctionnalités sont modulaires et s'adaptent à de multiples configurations de travail. Le paradigme principal du logiciel est d'articuler l'écriture du son spatial avec des trajectoires dynamiques. Selon l'approche de l'utilisateur, une fois dessinée, la trajectoire est

[376] HARKER, Alexander. and TREMBLAY, Pierre. « The HISSTools Impulse Response Toolbox: Convolution for the Masses », *ICMC*, 2012

[377] https://syphon.info/ et https://github.com/Syphon

[378] https://spout.zeal.co/

jouable comme un instrument ou manipulable comme un objet. Ainsi Sound Trajectory est une sorte de serveur de trajectoire éditable en temps réel. Ses paramètres sont accessibles par le biais de son interface graphique ou des contrôleurs externes OSC ou MIDI.

Le logiciel propose des sessions dynamiques, chacune pouvant embarquer un nombre illimité de scènes, ces dernières servant à sauvegarder et rappeler tous les paramètres édités (trajectoires, samples, position de l'auditeur…) Le protocole OSC est intégré aussi bien en entrée qu'en sortie afin de contrôler Sound Trajectory depuis un autre logiciel ou bien encore permettre à ST de contrôler d'autres solutions de rendu audio logiciel (SpatGRIS, Spat Révolution, Panoramix, Nuendo) ou matériel comme les processeurs Holophonix d'Amadeus, le L-isa de L-Acoustic, le Soundscape de D&b ou la Fletcher Machine d'Adamson. Le contrôleur MIDI de pitch bend (14 bits) peut piloter les trajectoires disponibles. Ce paramètre standard est utilisé par toutes les interfaces de mixage compatibles avec le protocole Mackie control. Une suite de devices Max4Live pour Ableton Live est disponible pour une intégration plus poussée des capacités d'automation du système.

10.1.4 Interface d'écriture

L'interface est scindée en quatre parties distinctes visibles sur la figure 89. Le cadre n° 1 permet de sélectionner la piste à éditer. Le cadre n° 2 représente la scène 3D. Le cadre n° 3 est une fenêtre modulaire dont l'accès aux différentes pages s'effectue par le bandeau de boutons en partie haute. Le cadre n° 4 est une autre fenêtre donnant accès à de nombreux modules du logiciel : réglage général, mixage, réverbération, sampleur, vidéo, mapping d'interactions.

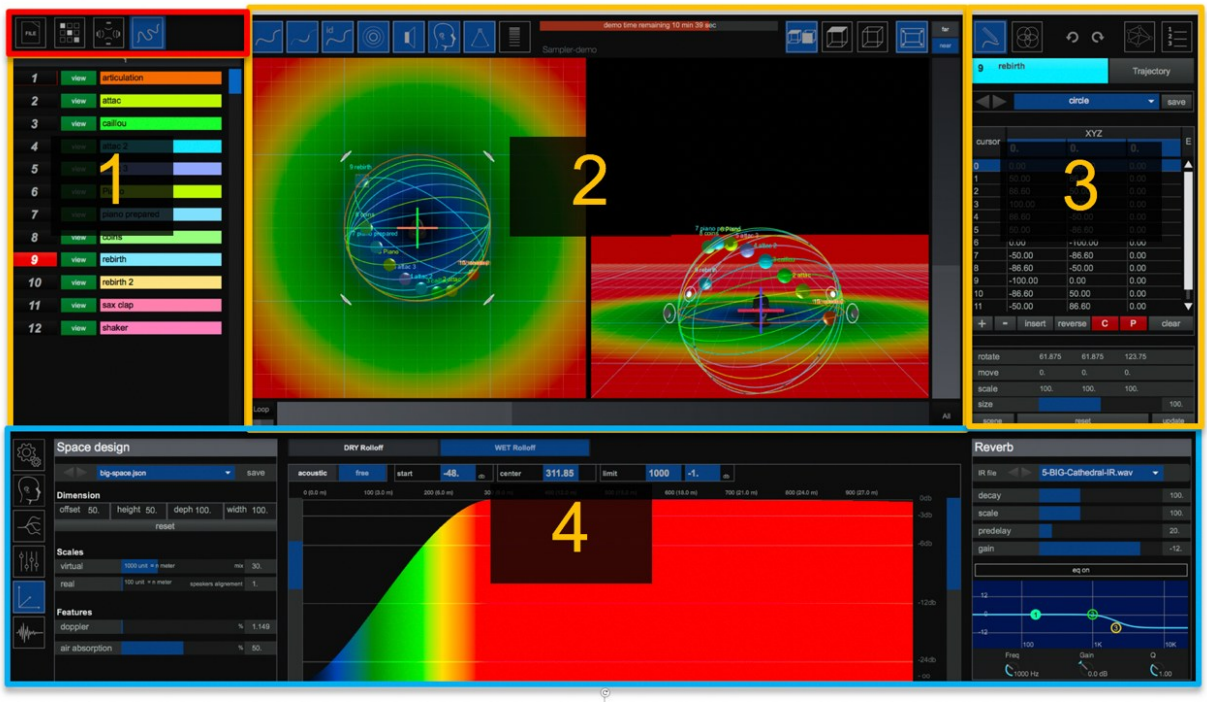


Figure 89 : Les différentes zones de l'interface d'écriture de Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2023).

10.1.5 Écriture de trajectoires

Les trajectoires sont la fonctionnalité emblématique de Sound Trajectory et la majorité des autres fonctions du programme en sont dépendantes (figure 90).

La trajectoire invite à faire se mouvoir les sons, mais elle peut se contenter de n'être qu'un guide - voire simplement un repère visuel. Elle est un trait. L'élément le plus simple après le point. Essentiel au dessin, à la notation et à l'écriture. Elle est aussi un guide ou une règle pour baliser l'espace sonore, c'est en tout cas une représentation de l'idée d'espace, l'idée du mouvement des sources dans l'éther. Le trait invite à aménager l'espace vierge et diversifie la dynamique des actions sonores.

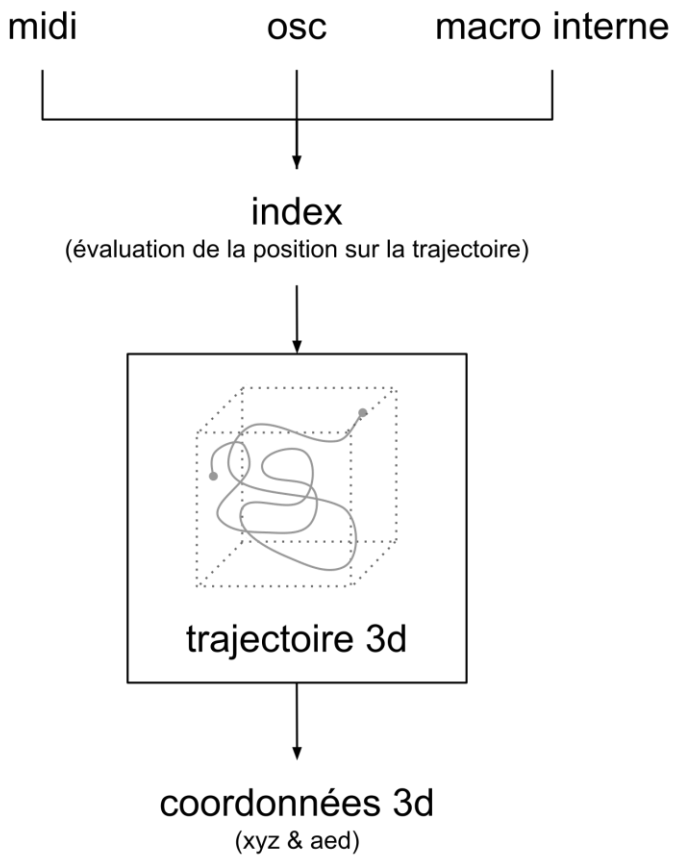


Figure 90 : Évaluations des coordonnées d'une trajectoire. Source : Maxence Mercier (2023).

Les facteurs influençant la perception du son en mouvement sont nombreux, la représentation simplifiée d'une trajectoire invite à expérimenter les modalités d'expression du son dans l'espace.

C'est parce que l'appréciation de la position des sources dans l'espace est subjective que les différents outils existants implémentent peu cette fonctionnalité. Les quelques essais au cours des trente dernières années sont tous tombés rapidement en désuétude.

La spécificité de Sound Trajectory est d'utiliser la trajectoire comme support d'écriture et repère de l'espace de déploiement du son dans l'espace. L'écriture de la trajectoire est une virtualité reproductible. Ce potentiel ne se heurte pas à des limites techniques. Ainsi, elle peut traverser les époques en bénéficiant des avancées technologiques liées aux questions d'algorithmes d'encodage et de décodage des sources sonores.

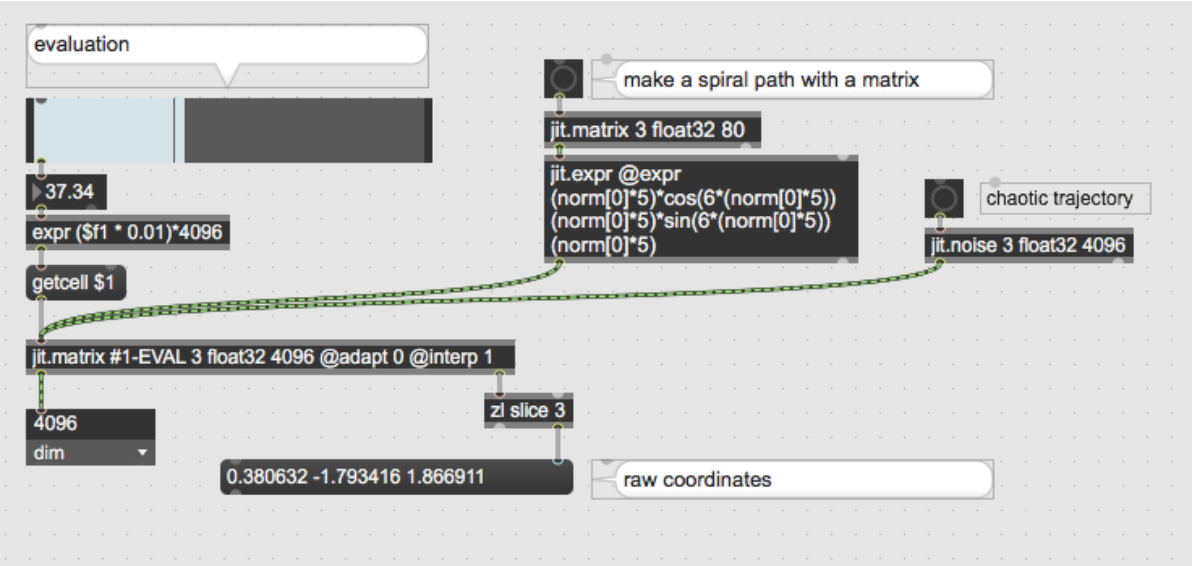


Figure 91 : Patch Max simplifié de l'évaluation de trajectoire. Source : Maxence Mercier (2023).

La figure 91 montre la simplicité d'un patch pouvant interpréter une position tridimensionnelle à partir d'une trajectoire. Cet exemple est reproductible très simplement dans d'autres environnements de programmation.

10.1.6 Motion Listener

Il s'agit d'un principe élémentaire utilisé dans les moteurs audio 3D de jeux vidéo. Curieusement, on ne retrouve que très rarement la faculté de déplacer l'auditeur virtuel dans les outils de spatialisation sonore. Cette fonctionnalité calcule en temps réel la position de toutes les sources sonores par rapport à la position supposée de l'auditeur virtuel. C'est une des premières fonctions implémentées dans Sound Trajectory. Le module Listener définit la position d'écoute virtuelle. Ses coordonnées sont modifiables manuellement ou définies par une trajectoire. Cet outil conditionne l'orientation et la position de toutes les sources sonores. Le module est entièrement accessible par OSC, et peut donc être contrôlé par headtracking.

Les positions des sources sonores modulées par le déplacement de l'auditeur virtuel peuvent être envoyées par OSC à un processeur externe de spatialisation 3D sans que celui-ci n'ait besoin d'implémenter les déplacements de l'auditeur virtuel.

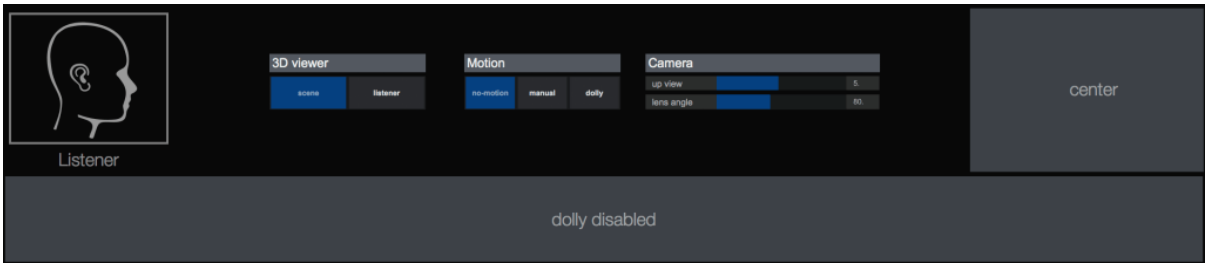


Figure 92 : Module de contrôle des fonctionnalités du Motion listener. Source : Maxence Mercier (2023).

Les options de visualisation permettent d'adapter la vue 3D au point de vue subjectif de l'auditeur virtuel (figure 92). Ses déplacements dans l'espace virtuel sont entièrement contrôlables par les fonctions de translation et de rotation similaires aux éditeurs 3D comme Blender, Max, Maya, etc.

10.1.7 Moteur audio

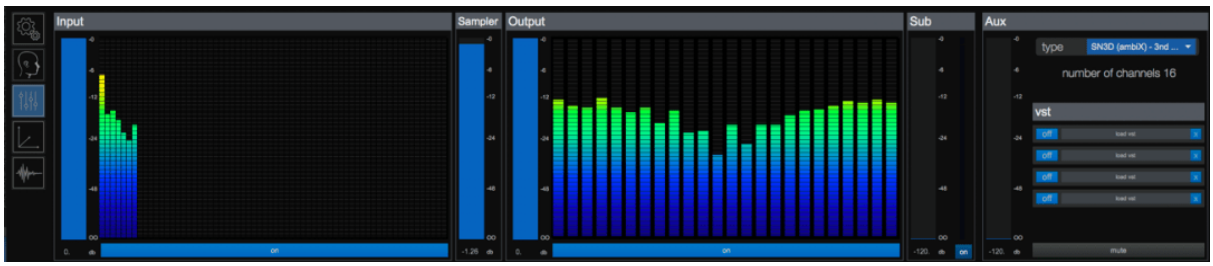


Figure 93 : Module de mixage des bus. Source : Maxence Mercier (2023).

Le moteur audio s'adapte automatiquement à la quantité de sources audio et d'enceintes (figure 93); il utilise un encodage ambisonique adaptable du 1er au 11e ordre selon la configuration des entrées et sorties. Tous les canaux de sortie sont traités par un filtre croisé redirigeant les basses fréquences vers un canal dédié. La fréquence de coupure est réglable entre 5 et 500Hz. Un bus auxiliaire dédié au plug-in vst fonctionnant en ambisonique accueille des encodeurs et traitements ambisoniques du 1er au 3e ordre (4, 9 ou 16 canaux) au format ambix.

10.1.8 Space designer

Le module Space designer (figure 94) associé définit les paramètres de réverbération et d'amplitude par rapport au listener. C'est un outil puissant pour créer l'identité de l'espace sonore.

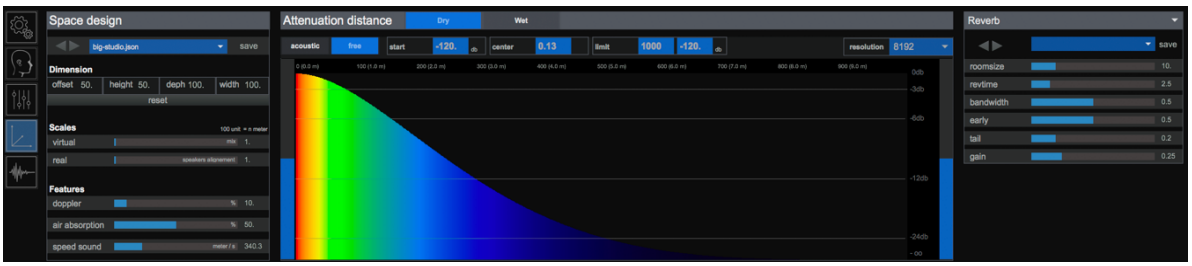


Figure 94 : Le module Space designer. Source : Maxence Mercier (2023).

Le Space designer expose tous les paramètres de synthèse de l'espace virtuel. Il est ainsi possible de modifier ses dimensions, sa hauteur, sa largeur et sa profondeur. Les échelles réelles

et virtuelles modifient les propriétés acoustiques de la scène virtuelle et de la diffusion dans un espace réel. Cela affecte les temps de délais entre les sources et haut-parleurs afin de conserver un alignement cohérent de la phase des signaux audio. Il est ainsi tout à fait possible de simuler le vol d'un moustique dans un espace restreint et de l'adapter pour un espace de diffusion grand comme un stade. L'inverse est également possible, tout comme des transpositions d'espace raisonnables ou totalement extravagantes.

La gestion du Doppler et l'affaiblissement du son dans l'air permettent de jouer sur les rapports physiques de l'environnement virtuel. Dans la figure précédente, on visualise la courbe d'atténuation du volume par la distance calculée entre l'auditeur virtuel et la source. Elle est paramétrable suivant des caractéristiques acoustiques vraisemblables ou totalement libres. Cet outil est particulièrement utile pour contrôler les sensations d'enveloppement du son par rapport à la gestion du point chaud de l'environnement (sweet spot). En dehors des conventions acoustiques, ce paramètre a un fort pouvoir créatif. En conjoncture avec le réglage de la vitesse du son, il est ainsi possible de simuler la propagation du son dans des environnements non aériens : solide, liquide ou gazeux. Les futurs développements du logiciel accentueront ces possibilités en simulant la radiation des sources.

La réverbération à convolution est basée sur l'algorithme de Alexander J. Harker du projet HISSTool, de l'University of Huddersfield. Le logiciel est livré avec une collection d'une quarantaine d'impulsions, et l'utilisateur peut charger ses propres impulsions. Certains utilisateurs de Sound Trajectory utilisent ce logiciel uniquement pour son module de réverbération.

La figure suivante dévoile le diagramme audio du moteur de Sound Trajectory, la réverbération est calculée sur un bus auxiliaire. Le traitement est appliqué sur un encodage HOA en double octophonie (deux couronnes, une pour le haut et une pour le bas) puis les signaux sont recodés en HOA dans le format de la session (HOA du 1er au 11e ordre).

Type de pistes

Pour la version 2 du logiciel, différents types de pistes sont disponibles pour couvrir des fonctions particulières :

- Ambisonic mix
- Dbap mix
- Ambisonic HOA input
- Sortie directe output avec pitchshift et délais
- Bus auxiliaire d'effet avec multidelay ou reverb

Le type de piste « ambisonic mix » est dédié au mixage ambisonique d'entrée audio pouvant contenir une à seize sources sonores. La piste sera mixée en ambisonique selon le format de la session. Le type de piste « Dbap mix » est dédié au mixage DBAP (Distance Based amplitude panning), d'entrée audio pouvant contenir une à seize sources sonores. La piste sera mixée en

ambisonique selon le format de la session[379]. La track « Ambisonics HOA input » permet de mixer une piste au format Ambix du 1er au 11e ordre. La track « sortie directe output » est destinée à la conception de consoles pour l'interprétation des musiques électroacoustiques. Des fonctionnalités de pitchshift, délais et filtrages sont implémentées en suivant les paradigmes du Gmebaphone conceptualisé par Christian Clozier pour créer des voix de diffusion « registrées » par bande de fréquences, phase et transposition de quelques commas.

Pour les dernières versions du logiciel[380], ce modèle de moteur multiple par piste a été abandonné au profit de modules additionnels qui seront présentés dans un sous-chapitre dédié aux extensions de Sound Trajectory. Les raisons de ce retrait se justifient par une volonté de simplification de l'interface utilisateur et d'allègement du logiciel au profit d'une stabilité accrue. Néanmoins le cœur du moteur audio intégré au logiciel se base sur la chaîne de traitement ambisonique représentée sur la figure 95.

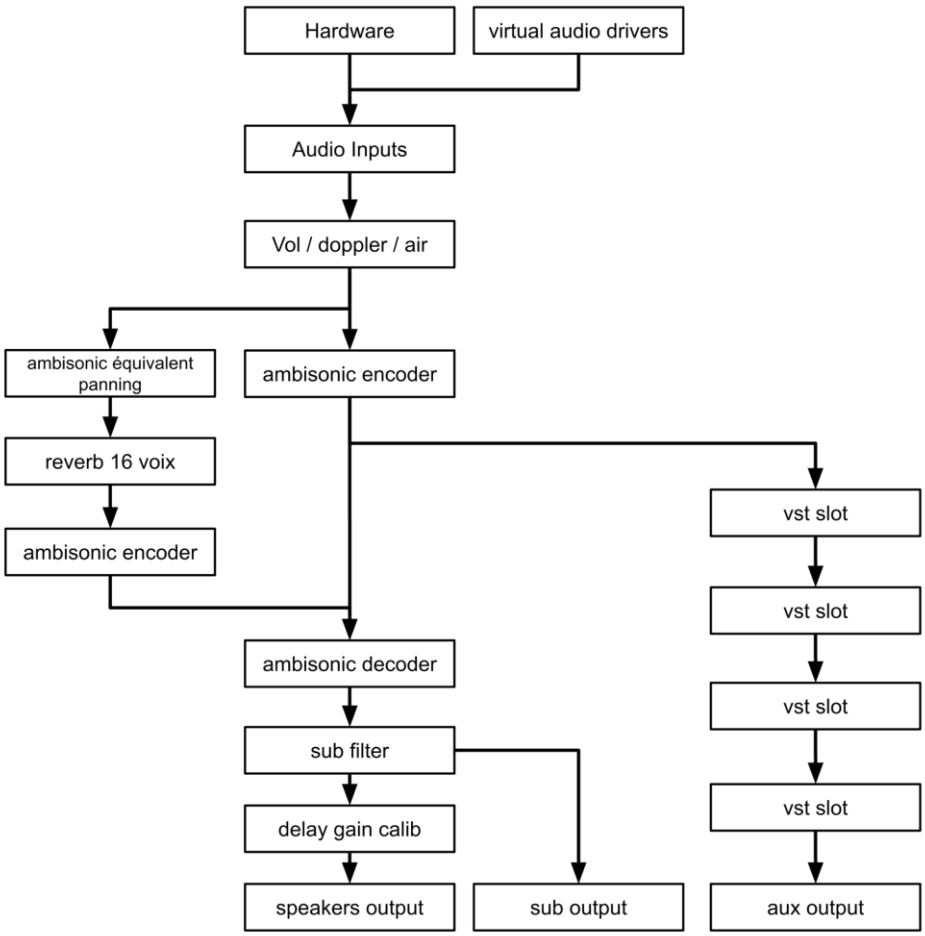


Figure 95 : Synoptique du moteur Audio de Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2023).

[379] TROND, Lossius., BALTAZAR, Pascal. and HOGUE, Thierry. « DBAP–distance-based amplitude panning. » ICMC. 2009

[380] v4 prévues pour 2026

10.1.7 Workflows

Un routage précis des signaux audio et des signaux de contrôle osc ou Midi sont un préalable à tout projet d'écriture de la spatialisation. La figure 96 montre un workflow simple entre le DAW et Sound Trajectory. Le DAW envoie les sources à spatialiser dans Sound Trajectory. Le son spatialisé est écouté dans le système de diffusion par les sorties physiques de la carte son. Le son peut retourner au DAW pour être enregistré depuis les sorties principales ou le bus ambisonique.

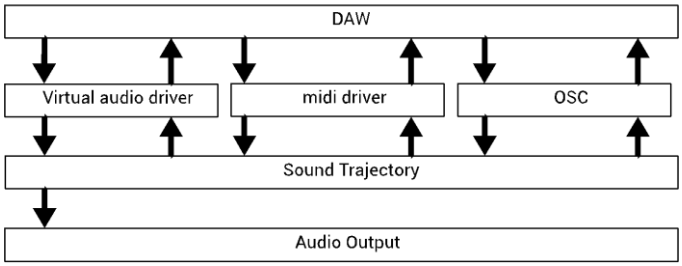


Figure 96 : Workflow avec un séquenceur. Source : Maxence Mercier (2023).

L'affectation des différents canaux au travers des interfaces matérielles et software n'est jamais évidente. La figure 97 présente la logique des décalages d'offsets inhérente aux types de sources sonores. Ainsi, si une source mono est simple à distribuer, les signaux multicanaux engendrent de grands décalages sur les index d'entrée et sortie (I/O) des différentes interfaces.

Les solutions de routage intégrées aux cartes audio Motu et RME offrent les meilleures performances en termes de latence et de stabilité. Les protocoles AVB et MADI proposent une grande flexibilité d'utilisation, même si la mise en pratique reste complexe pour les raisons évoquées.

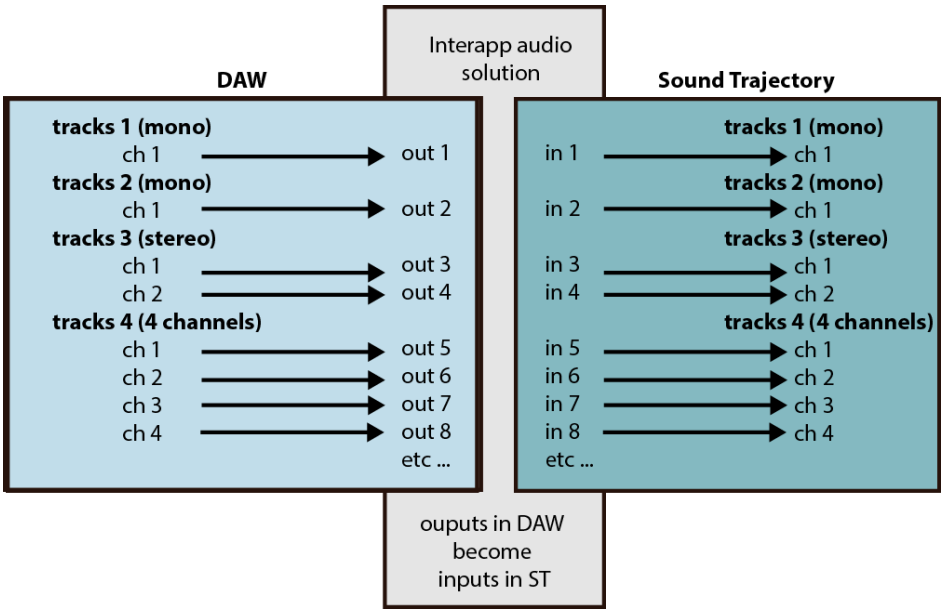


Figure 97 : Principes d'affectation des sources audio aux trajectoires dans Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2023).

10.1.8 Contrôle de moteur audio externe

Le moteur audio de Sound Trajectory peut être désactivé si l'utilisateur souhaite utiliser un processeur audio externe. Dans ce cas, seule l'automation des paramètres OSC est assurée par le logiciel ST. Le choix de moteurs de rendu audio externe est vaste et l'OSC est devenu un standard d'interconnexion avec la normalisation de l'ADM-OSC visant à homogénéiser les messages utilisés par les différents fabricants de solutions de spatialisation. Sound Trajectory est compatible avec l'ADM-OSC avant même l'introduction du standard. L'utilisateur est libre de définir lui-même la typologie des messages en entrée et en sortie. Le logiciel a été conçu dès son origine pour se situer à l'interface des solutions utilisées pour le studio, la scène et les besoins d'installations non standards. La figure 98 présente le diagramme d'un workflow avec un séquenceur et un encodeur externe.

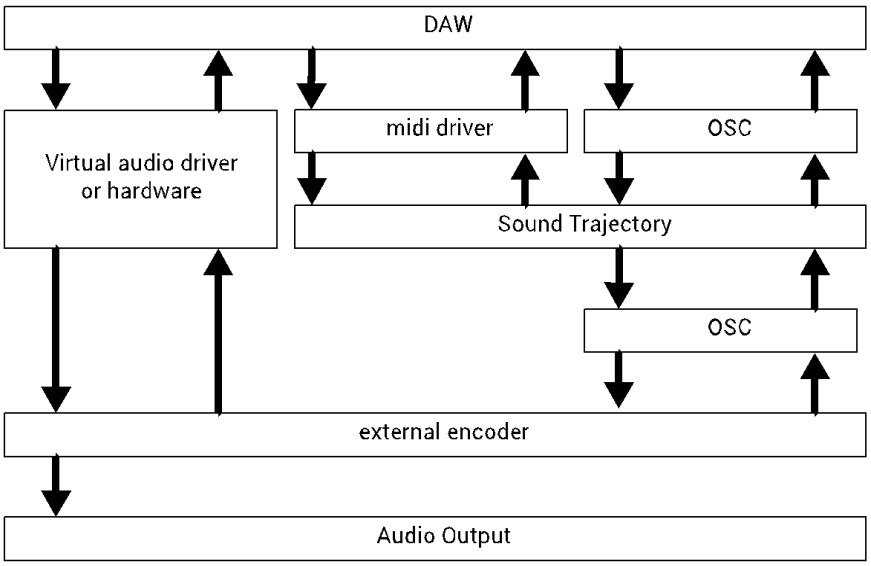


Figure 98 : Workflow avec un séquenceur et un encodeur externe. Source : Maxence Mercier (2023).

10.1.9 Mapping Interactif

La capacité de programmation d'interaction du logiciel ST est semi-modulaire. Une majorité des fonctionnalités de Sound Trajectory est contrôlable par le biais de modules dynamiques et interactifs.

Imaginons un exemple réalisable en moins de 30 secondes : analysons l'amplitude du signal d'une entrée audio puis affectons cette analyse à la position d'une source sur une trajectoire. Nous obtenons un déplacement sur la trajectoire synchrone au changement de dynamique du signal. A la détection d'amplitude peuvent se substituer d'autres descripteurs audio traquant les attaques, la hauteur fondamentale ou encore la brillance spectrale du signal audio. D'autres modules d'analyse détecteront les messages MIDI ou osc. L'utilisateur dispose de modules d'analyse et d'événements à affecter librement les uns aux autres. Des triggers et des contrôles continus sont à affecter à une action (séquenceur, boucle, compteur et autres fonctions), elle-même affectée à un paramètre spatial de trajectoires, de sources, ou de l'auditeur virtuel.

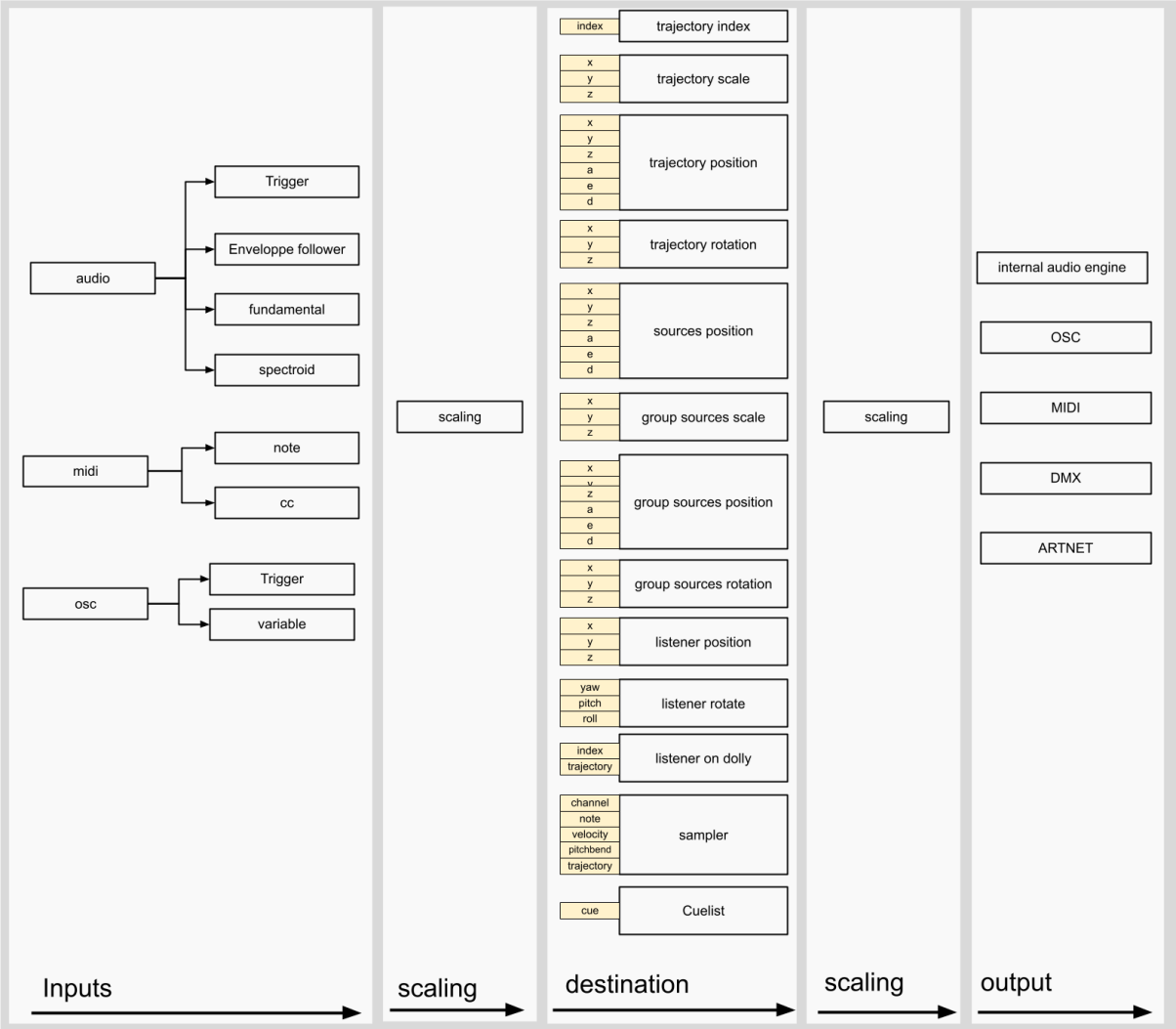


Figure 99 : Mapping d'interactions. Source : Maxence Mercier (2023).

La figure 99 présente les combinaisons d'actions et d'événements possibles pour explorer de multiples couples d'interactions spatiales. Les briques essentielles pour une approche dynamique, interactive et automatique du mixage sont à combiner librement. Il est possible de charger des patchs Max et ainsi avoir accès à l'API de Sound Trajectory.

Les modules d'analyse produisent des signaux sous forme d'impulsions ou de continuum, il s'agit de signaux « bang » ou de « float » tagués pour permettre un routage par origine. Le signal d'impulsion déclenche une action. Il est activé par le franchissement d'un seuil d'amplitude audio, une note, un contrôleur MIDI ou un évènement osc. La figure 100 représente les deux modules interfacés pour reproduire l'exemple présenté précédemment.

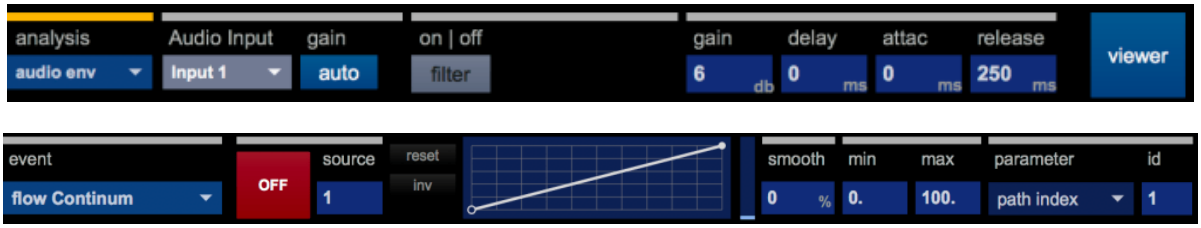


Figure 100 : Modules « enveloppe follower » et « flow continuum » sont les deux modules cités en exemple. Source : Maxence Mercier (2023).

Le listing complet des modules est disponible sur la documentation en ligne du logiciel. La description de chaque module dépasse le cadre de cet article, mais quelques autres possibilités peuvent être évoquées comme : les modules de marche aléatoire qui vont contraindre une source à bouger sur une trajectoire ; le module de morphing entre deux modèles de trajectoire ; une collection de différents types de séquenceurs activés selon des conditions logiques ; quelques opérateurs permettant de boucler le système sur lui-même pour des processus auto-génératifs par rétroactions.

10.1.10 Multidelay

La polyphonie des voix du multidelay transpose le principe du délai en offrant une très grande variété de transformations et de générations de sons. Elle permet d'obtenir des effets classiques comme les retards multiples ou les échos, la réverbération et le déphasage, ou des effets de filtrage complexes lorsque les retards sont très proches les uns des autres. Les sources peuvent être déplacées le long d'une trajectoire de référence de manière reproductible. La vitesse de déplacement des sources peut être contrôlée par l'intensité du signal d'entrée.

Le multi-délai offre une palette de traitements sonores qui ont été par ailleurs largement étudiés au travers des applications de la bibliothèque Hoa du CICM[381]. Leur expressivité est documentée au travers d'une abondante littérature de Kendall[382], Vaggione[383], Sèdes [384] à Goutmann[385] et Bonardi[386] [387]formalisant les possibilités de la décorrélation microtemporelle ou bien encore

[381] SÈDES, Anne, GUILLOT, Pierre, PARIS, Elliot. « The HOA library, review and prospects », Proceedings *ICMC/SMC*, Athènes, Grèce, 2014

[382] Kendall, G. S. « The Decorrelation of Audio Signals and Its Impact on Spatial Imagery », Computer Music Journal, Vol. 19, No. 4, 1995.

[383] VAGGIONE, Horacio. « Décorrélation microtemporelle, morphologies et figurations spatiales », Actes des *Journées d'Informatique Musicale*, Marseille, France, 2002.

[384] SÈDES, Anne. « Approche musicale de la décorrélation microtemporelle dans la bibliothèque HOA », *JIM* 2015, Montréal, Canada.

[385] GOUTMANN, Paul. « Traitement spatial du son par décorrélation des signaux en ambisonie d'ordre élevé » *Journées d'Informatique Musicale*, Visioconférences, France, 2021, hal-03313616

[386] BONARDI, Alain. La librairie abclib : un ensemble de codes Faust rassemblant 20 ans de recherche, enseignement et création en musique mixte. Journées d'Informatique Musicale 2021, AFIM, Jul 2021, Visioconférences, France. ⟨hal-03313611⟩

[387] BONARDI, Alain, GOUTMANN, Paul, FIERRO, David et ZANNI, Adrien. « abclib ». 2023, ⟨swh:1:dir:1cc37ea1204712905a0f25fd0ce309eea9b25af0;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-

la modulation spatiale en anneau. Le multi-délai vise les mêmes objectifs par le biais d'une interface et d'un fonctionnement adaptés au sein du logiciel Sound Trajectory.

Ce traitement permet des variations drastiques des champs sonores en modelant de manière souple les morphologies de distribution du son dans l'espace. L'interface du traitement expose les paramètres essentiels du contrôle d'un espace paramétrique plus vaste. Les paramètres accessibles à l'utilisateur sont optimisés pour accéder rapidement à une palette de textures spatiales adaptées à la composition en situation multicanal avec une grande variété d'anamorphoses temporelles et spectrales possibles.

Le feedback, paramètre de réinjection du son retardé à l'entrée de la ligne à retard, associé à un harmonisateur, permet de créer des transpositions continues du signal. Pour un signal non transposé, le feedback est un paramètre intéressant pour générer un signal complexe proche des réflexions d'un algorithme de réverbération.

Le multi-délai combine au sein de son interface, le contrôle des lignes de retard, la transposition, la prolifération par boucle de feedback et un contrôle de la distribution spatiale polyphonique. Chaque voix de retard est contrôlée indépendamment. Les paramètres variables sont : le temps de retard, le volume, la rétroaction (volume de réinjection) et la hauteur de transposition. Un filtre appliqué à la boucle de feedback peut colorer et atténuer le signal réinjecté à chaque itération dans la bande de fréquence filtrée. Les figures 101 et 102 présentent son fonctionnement sous forme de synoptique.

04367491;visit=swh:1:snp:670b1be9dc54c1765fc49ae951a22c9109a6e76b;anchor=swh:1:rel:42914f2eced0e28fbb498e3c948075deba586350;path=/⟩. ⟨hal-04367491⟩

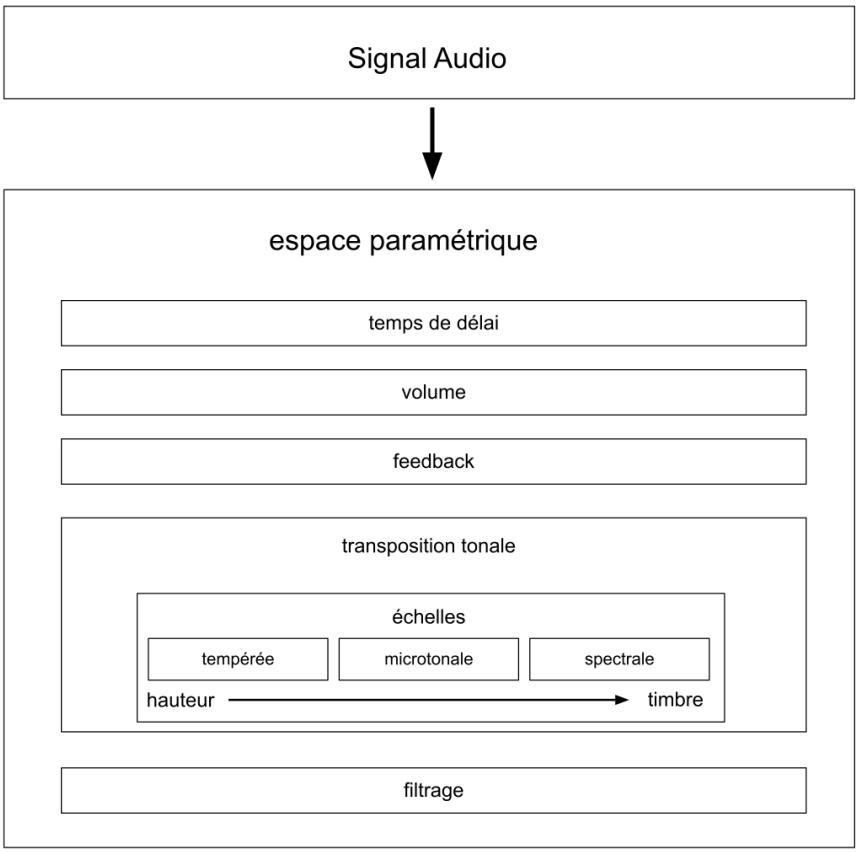


Figure 101 : Espace paramétrique du multidelay. Source : Maxence Mercier (2023).

Ce traitement a la particularité de combiner au sein d'une même interface paramétrique, le contrôle des lignes de retard, la transposition, la prolifération par boucle de feedback, et un contrôle de la distribution spatiale polyphonique. Les fonctionnalités du multidelay peuvent être réduites à trois catégories combinatoires, comme présentées dans la figure ci-dessous.

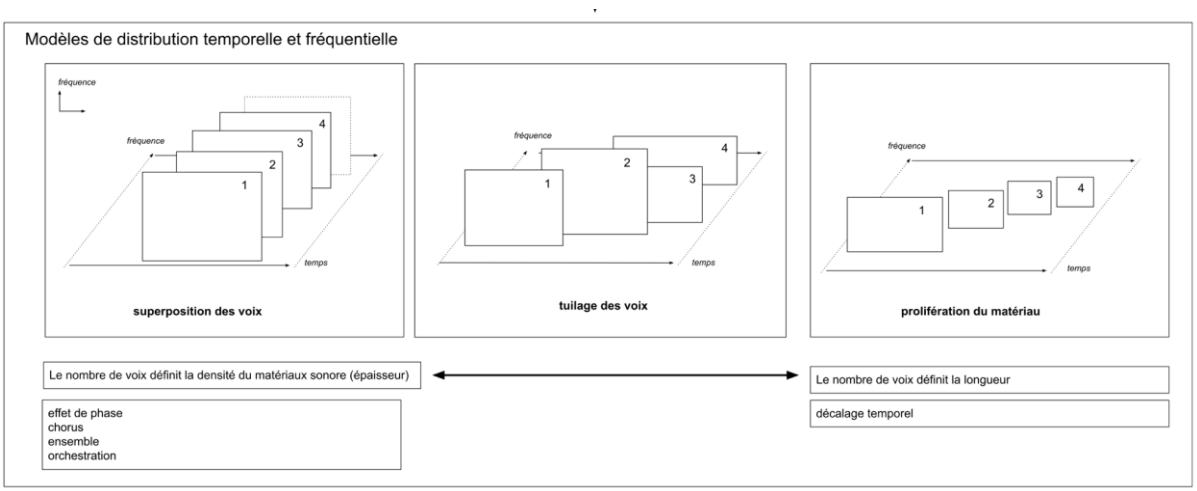


Figure 102 : Applications théoriques du multidelay. Source : Maxence Mercier (2023).

À partir d'une entrée audio mono, le signal est dupliqué sur un nombre de voix parallèles défini par l'utilisateur. Chaque voix dispose d'un module de retard avec un délai variable de 0 à 8 secondes. Selon la puissance du processeur, jusqu'à 128 retards simultanés sont possibles.

Les voix de retard sont contrôlées indépendamment les unes des autres. Les paramètres variables sont : le temps de retard, le volume, la rétroaction (volume de réinjection) et la hauteur de transposition. Un filtre appliqué à la boucle de feedback permet de colorer et d'atténuer le signal réinjecté à chaque itération dans la bande de fréquence filtrée.

Le circuit de rétroaction est indépendant pour chaque voix. Cette particularité offre une richesse de textures originales. Cependant, le coût du processeur est élevé dès que le nombre de voix est important, généralement supérieur à 50.

Le multidelay duplique un signal audio avec un décalage temporel de chacun de ses canaux, de la milliseconde à la minute. Sur des échelles de temps relativement courtes, il est possible d'obtenir des effets similaires à une sorte de granulation spatiale. Les sons courts avec une forte attaque se prêtent bien à cet effet.

Le contrôle des transformations sonores permises par le délai est plus simple et plus souple que les procédés classiques de lecture aléatoire par granulation sonore. La principale différence réside dans l'utilisation de lignes de retard plutôt que d'un tampon en enregistrement circulaire. Ce type de traitement est donc plus adapté au traitement d'une source sonore capturée en temps réel, alors que la granulation sonore classique est plus adaptée à la lecture et au traitement d'échantillons sonores.

La granulation du multidelay est donc un effet polyphonique permettant des effets de doublage harmonique des voix et des jeux rythmiques, mais dans un domaine sonore plus contraint (variation de l'ordre de quelques millisecondes (20 à 1000ms) selon le nombre de voix parallèles.

10.1.10 configuration de piste

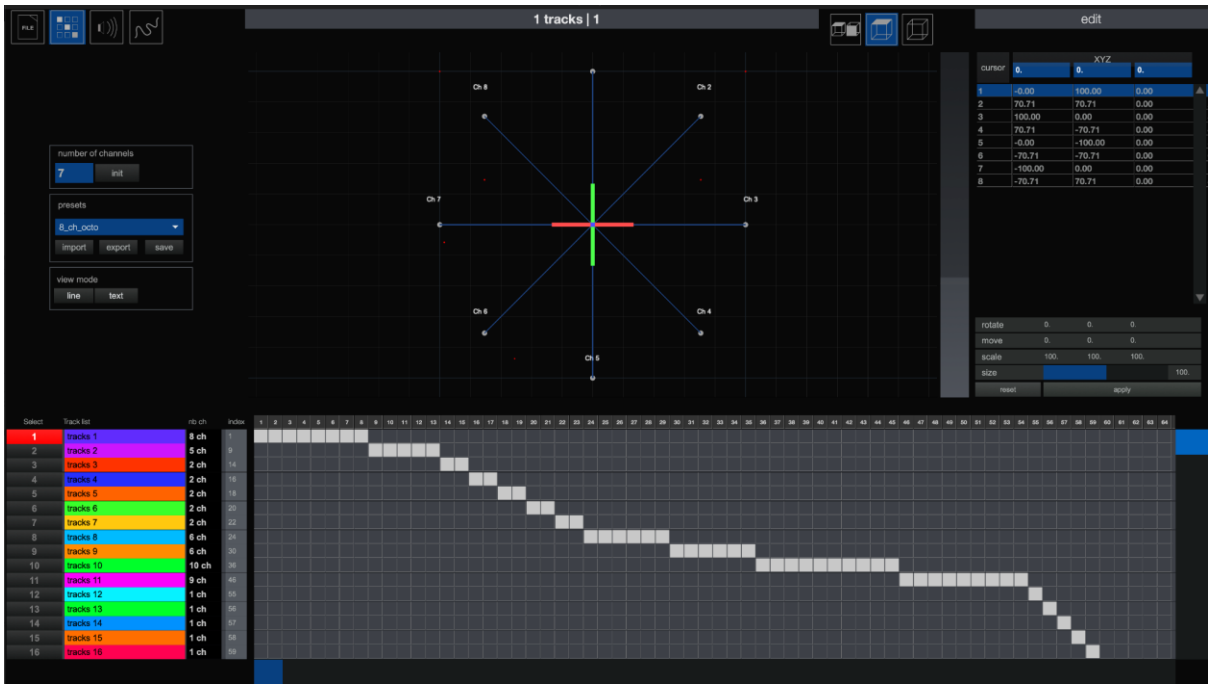


Figure 103 : Page de configuration des pistes. Source : Maxence Mercier (2023).

L'éditeur de configuration des pistes de Sound Trajectory, visible dans la figure 103, se présente comme un environnement visuel 3D permettant de définir et de manipuler des configurations multisources complexes. Il offre une double représentation : d'une part, une visualisation tridimensionnelle des sources, favorisant une appréhension spatiale immédiate de leur disposition ; d'autre part, une visualisation matricielle qui expose l'enchaînement et la correspondance des canaux, fournissant ainsi une vue synthétique de la topologie de matriçage audio. Cette articulation entre représentation spatiale et structure de routage s'avère particulièrement pertinente lorsque la session combine différents formats de diffusion, qu'il s'agisse de sources monophoniques, stéréophoniques, quadriphoniques, octophoniques, ou encore de configurations 5.1. Le système n'impose aucune limite au nombre de pistes ni au nombre de sources qu'elles peuvent contenir, chaque piste pouvant comporter un nombre indéfini de canaux. Chaque piste peut définir individuellement ses sources d'entrée, son nombre de canaux, et la position spatiale de chaque élément source. Cela permet de modéliser des couplages de microphones ou des formats de captation/diffusion multisources complets.

10.1.11 configuration de diffusion

Dans la page dédiée à la configuration des haut-parleurs de Sound Trajectory (figure 104), l'éditeur permet de réaliser tout type de configuration, depuis une simple stéréo jusqu'à des réseaux multicanaux complexes, potentiellement composés de plusieurs dizaines, voire centaines d'enceintes[388]. L'interface permet de positionner chaque haut-parleur directement avec la souris, ou bien à l'aide de coordonnées spatiales, qu'elles soient cartésiennes (coordonnées XYZ) ou polaires (coordonnées en azimut, élévation, distance). Chaque haut-parleur peut recevoir un nom afin d'assurer une identification claire. La visualisation 3D associée permet de naviguer entre différentes vues — de dessus, de face, de côté, ainsi qu'en représentation tridimensionnelle— renforçant la lisibilité spatiale et la pertinence du positionnement des éléments. Il est possible d'importer une image de plan (par exemple un plan de salle ou de scène) pour le placer en arrière-plan du modèle 3D, ce qui facilite l'implémentation du dispositif en salle. Il est également possible de charger une scène 3D complète pour affiner des scénographies particulières. Cette page de l'interface autorise une configuration personnalisée, adaptable à des usages variés : studio, diffusion live, espaces immersifs, installations scénographiques, etc.

[388] 255 sorties théoriques maximum

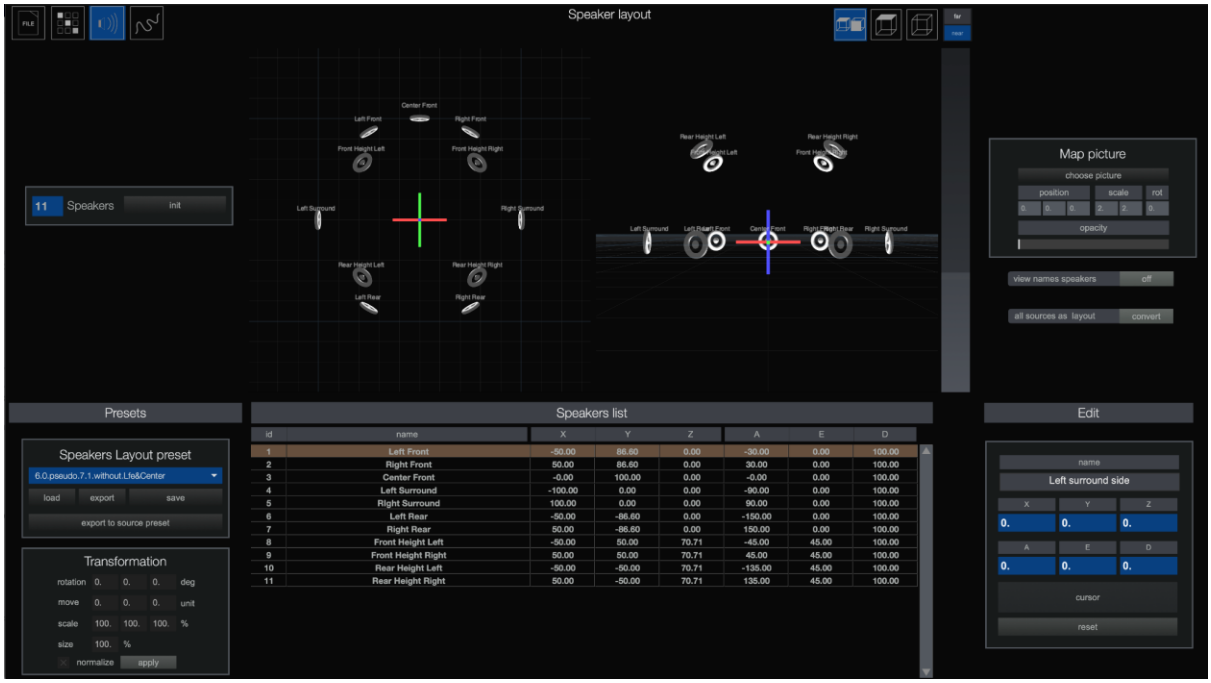


Figure 104 : Page de configuration du dispositif de haut-parleurs. Source : Maxence Mercier (2023).

Calibration

Un module est dédié à la calibration pour la sortie audio sur haut-parleur, avec l'objectif d'optimiser la restitution sonore en fonction de la configuration physique de l'espace et de la position d'écoute (figure 105). L'intégration native de cet outil permet de s'affranchir de solutions externes, tout en assurant un contrôle précis de la cohérence spatiale. La calibration constitue en effet une étape essentielle pour garantir une écoute immersive, en particulier dans des contextes où la localisation précise des sources sonores est déterminante pour le rendu. Ce module autorise plusieurs opérations : l'activation isolée d'une enceinte afin d'en évaluer le fonctionnement, le test séquentiel de l'ensemble du réseau, ainsi que l'ajustement automatique des paramètres acoustiques. Le principe repose sur l'utilisation d'un microphone de mesure omnidirectionnel, placé à la position exacte de l'auditeur, afin de capter la réponse réelle du système.

Figure 105 : Paramètres de calibration des haut-parleurs. Source : Maxence Mercier (2023).

L'illustration ci-dessus montre l'interface des réglages utilisés pour la calibration. L'utilisateur peut charger un fichier de calibration préalablement généré.

Le protocole de calibrage automatique se déploie en deux étapes principales. Dans un premier temps, le logiciel émet pour chaque enceinte un signal de type *sweep* (balayage en fréquence), dont l'analyse permet de calculer le délai entre l'émission et la réception du son. Ce calcul, basé sur la corrélation entre le signal émis et la réponse captée, fournit une mesure précise du temps de propagation, directement exploitable pour synchroniser temporellement l'ensemble des haut-parleurs. Dans un second temps, un bruit rose est diffusé individuellement par chaque enceinte. Ce signal, dont le contenu fréquentiel est équilibré, permet d'évaluer la puissance RMS perçue au point d'écoute et d'ajuster en conséquence le gain de chaque canal. Ce double ajustement – temporel et dynamique – vise à obtenir une homogénéité perceptive dans la diffusion, condition indispensable à un mixage spatialement fiable. Ce protocole, en combinant des mesures physiques précises et un traitement automatisé, tend ainsi à garantir que la scène sonore virtuelle restituée corresponde au plus près à la scène sonore conçue.

10.2 inPlace, générateur de méta partitions spectro-spatiales

10.2.1 Introduction : Le concept du corrélateur cinétique comme instrument de recherche-création

Au sein de l'écosystème logiciel Sound Trajectory, un module d'analyse a été élaboré pour répondre à un besoin spécifique pour l'écriture de musique immersive : disposer d'un outil permettant de mesurer et de représenter la dynamique spatiale d'un champ sonore complexe. D'abord expérimenté sous l'appellation STanalyser , il a été renommé inPlace afin de mettre en évidence sa fonction principale, à savoir la visualisation de l'espace sonore interne d'un média immersif, qu'il s'agisse d'un mixage multipiste ou de captations multiphoniques. Le

nom « inPlace » constitue un clin d'œil au paramètre *in-phase* de la pondération ambisonique. Dans ce contexte, *in-phase* désigne une méthode visant à conserver la cohérence de phase entre composantes harmoniques pour garantir une image sonore stable. Le rapprochement est donc à la fois terminologique et conceptuel : au jeu de mots (*in place* / *in phase*) s'ajoute la référence à une problématique technique centrale des algorithmes HOA[389]. C'est aussi un hommage au concept de « l'emplacement » formulé par Jean-François Trubert dans un article commun[390]. Les deux figures 106 et 107 exposent visuellement les principes de base de la représentation spectrale et polaire proposée par le logiciel inPlace.

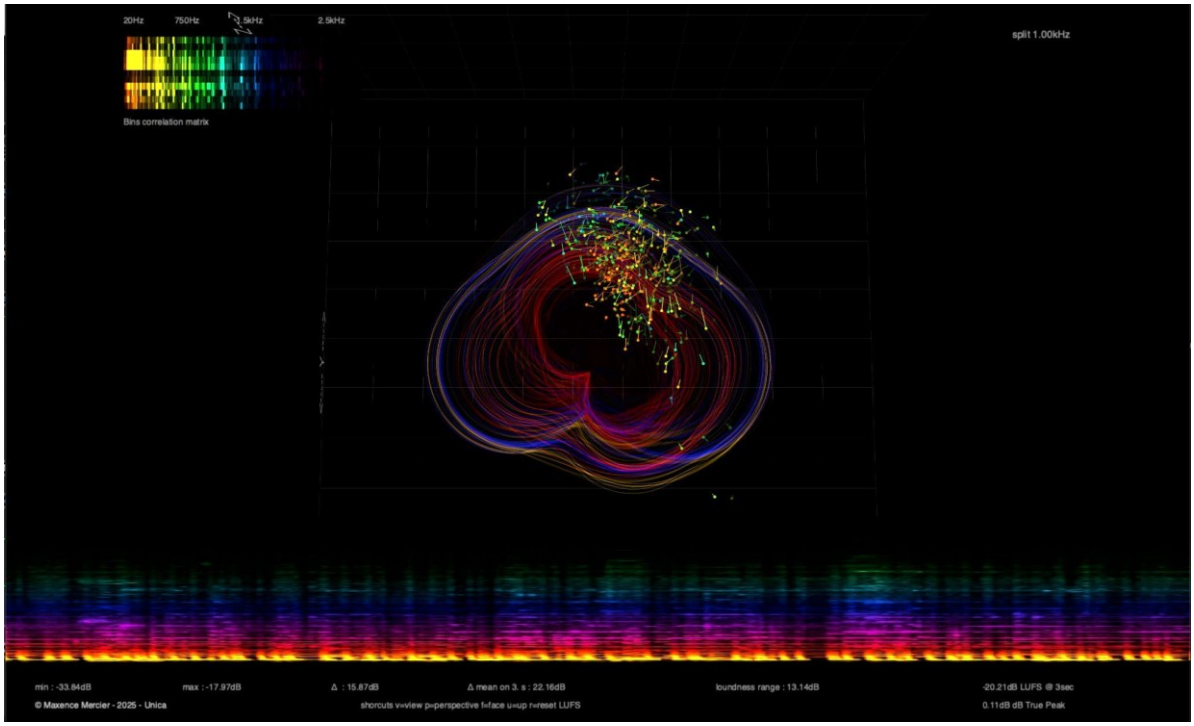


Figure 106 : Interface de visualisation OpenGL de *inPlace*. Elle représente les particules barycentriques spectrales, les polaires de radiation et, dans la partie inférieure, un spectrogramme défilant. Le tableau coloré en haut à gauche correspond aux résultats d'une analyse FFT multicanal qui sont la base des représentations spectrales de *inPlace*. Sur la figure au-dessus, le bandeau du bas indique les valeurs LUFS. Source : Maxence Mercier (2025).

[389] Ce choix de nom ne relève pas seulement d'un clin d'œil, mais d'un parallèle technique explicite. En ambisonie d'ordre supérieur (HOA), la pondération *in-phase* est une méthode consistant à ajuster les coefficients harmoniques pour maintenir la cohérence de phase entre canaux. Elle permet de limiter les artefacts de localisation (flou spatial, filtrage en peigne) et d'obtenir une image sonore plus stable, notamment en reproduction binaurale ou sur des dispositifs de diffusion restreints.

[390] MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. « Les invariants variables de l'espace sonore », dans *Pour d'autres espèces d'espaces : penser, produire, pratiquer l'espace en arts numériques*, sous la direction de Claire Chatelet, Paris, Hermann, 2025.

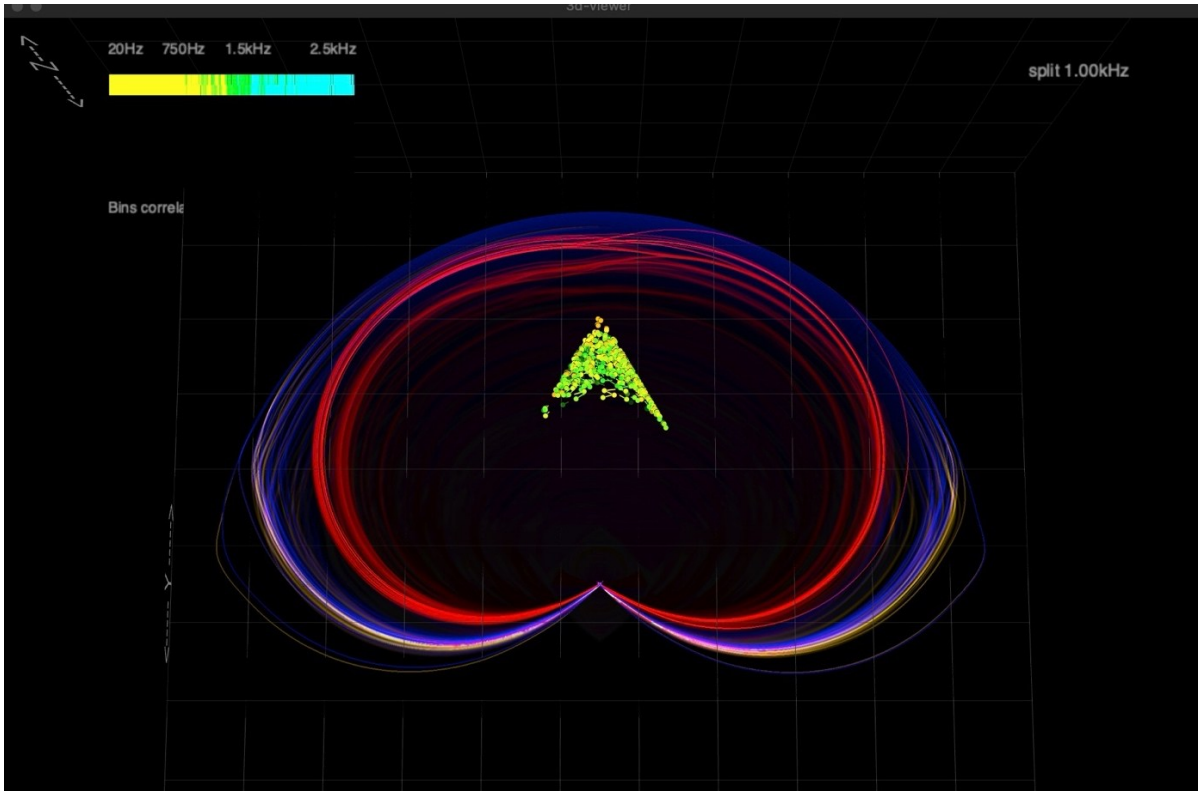


Figure 107 : inPlace avec un signal stéréo. Les basses sont centrées, tandis que les aigus sont distribués sur l'axe gauche-droite dans la configuration typique d'un mixage stéréo classique. Source : Maxence Mercier (2025).

Dans une perspective de développement ultérieur, une déclinaison nommée outPlace est envisagée. Ce module reposera sur des algorithmes spécialisés pour la localisation de sources et l'estimation de distances, empruntés aux méthodes de la bioacoustique, en particulier le calcul des différences de temps d'arrivée (TDOA[391]) et les techniques associées de triangulation. En musique, un tel outil permettrait de suggérer des cartographies d'apparition et de disparition des objets sonores, ainsi que des dynamiques de plans spatiaux, qui peuvent déjà être esquissées dans inPlace mais qui exigent un développement approfondi qui dépasse le cadre du travail doctoral, lequel se concentre principalement sur les dispositifs de diffusion et leur potentiel d'écriture.

La distinction entre les orientations respectives d'« inPlace » et « outPlace » recoupe les cadres conceptuels des sciences cognitives, qui opposent représentations égocentriques, centrées sur le point d'écoute, et représentations allocentriques, qui décrivent l'espace indépendamment de toute position particulière. Klatzky (1998) a montré que les cadres de représentation spatiale s'appuient sur des primitives distinctes, entendues comme des unités élémentaires de traitement cognitif, mais qu'ils peuvent être convertis l'un dans l'autre par des mécanismes de mise à jour

[391] TDOA (Time Difference of Arrival) désigne la différence temporelle de réception d'un même signal par plusieurs capteurs. Cette mesure permet d'estimer la position d'une source sonore ou radio en comparant les délais relatifs d'arrivée. La méthode est utilisée en acoustique, en télécommunications, et en systèmes de localisation.

cognitive[392]. Des travaux récents ont confirmé leurs interactions, notamment Rabini, Altobelli et Pavani (2019), qui ont montré que l'apprentissage allocentrique influence les performances dans des tâches de localisation égocentrique[393]. Cette distinction n'est pas seulement théorique : elle est aujourd'hui en usage dans les pratiques professionnelles de l'audio immersif, notamment au sein du département innovation de Radio France, où ingénieurs du son et mixeurs mobilisent ces notions pour différencier une spatialisation optimisée pour un auditeur placé au point d'écoute central d'une restitution visant une cohérence spatiale globale partagée par un public plus large[394].

Dans ce cadre, inPlace relève d'une approche égocentrique, centrée sur l'analyse énergétique d'un champ sonore tel qu'il est perçu par l'auditeur, tandis que outPlace s'inscrira dans une logique allocentrique, tournée vers la localisation et la cartographie des sources sonores.

La finalité première d'inPlace est de proposer une méthode de représentation de la cinétique d'une scène sonore, en particulier du mouvement global de son énergie spectrale dans l'espace. Ce principe est formalisé sous le terme de *corrélateur cinétique*, défini comme un dispositif analytique établissant des corrélations successives entre bandes fréquentielles. Ces corrélations permettent de rendre compte de la complexité des multiples dynamiques d'une scène sonore immersive sous la forme de barycentres évolutifs et lisibles, susceptibles d'éclairer les processus de spatialisation.

Le processus mis en œuvre consiste à extraire les coefficients fréquentiels de plusieurs pistes audio par *Transformée de Fourier rapide*[395] (FFT), à les pondérer selon les positions spatiales fixes attribuées aux sources correspondantes, puis à agréger ces valeurs pour calculer, à chaque instant, un point unique représentant le centre de gravité énergétique de la scène pour chaque bande de fréquence. Ce barycentre ne doit toutefois pas être interprété comme une mesure physique objective. Sa fonction est celle d'une métaphore perceptive : le corrélateur cinétique ne vise pas à localiser des objets sonores isolés avec exactitude, mais à modéliser une trajectoire perceptive. Il s'agit de rendre visible un phénomène psychoacoustique, le déplacement du foyer

---

[392] KLATZKY, R.L. « Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections ». In: Freksa, C., Habel, C., Wender, K.F. (eds) *Spatial Cognition. Lecture Notes in Computer Science*, vol 1404. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4_1

Cet article définit précisément les représentations égocentriques (centrées sur l'observateur) et allocentriques (centrées sur des repères externes), en montrant leurs différences conceptuelles et les conditions de transformation entre ces cadres.

[393] RABINI, G., ALTOBELLI, E., & PAVANI, F. « Interactions between egocentric and allocentric spatial coding of sounds revealed by a multisensory learning paradigm », *Scientific Reports no. 9*, 7892. 2019, https://doi.org/10.1038/s41598-019-44267-3 L'article montre, chez l'adulte, que l'entraînement à une tâche allocentrique (juger la position relative de sons) influence les performances dans une tâche égocentrique (localiser une source). Les deux cadres de référence ne sont donc pas indépendants, mais interagissent et se réajustent, confirmant leur complémentarité dans la perception et l'apprentissage auditifs.

[394] DÉJARDIN Hervé, discussion privée dans le cadre d'une collaboration avec Radio France (2021), sur l'usage opérationnel des distinctions égocentrique et allocentrique dans les pratiques de mixage immersif et de diffusion binaurale.

[395] FFT : Fast Fourier Transform

attentionnel de l'auditeur tel qu'il est guidé par l'évolution temporelle de la distribution de l'énergie spectrale dans l'espace.

Cette approche s'inscrit dans la finalité des problématiques centrales de la thèse, qui conçoit l'écriture spatiale non comme une simple disposition géométrique des sources sonores, mais comme un acte de composition subjectif visant à sculpter l'expérience d'écoute par la cinétique des sources sonores. Les barycentres spectraux calculés par inPlace doivent ainsi être compris comme une représentation de la cinétique des masses spectrales perçue, et non comme la cinématique réelle des sources physiques. À ce titre, inPlace se distingue radicalement des systèmes de traqueurs de sources sonores (sound source trackers) fondés sur des corrélations interaurales ou sur des réseaux microphoniques, destinés à la localisation d'objets sonores discrets. Ces aspects relèveront des développements futurs du module outPlace.

inPlace dépasse la fonction traditionnelle de l'outil analytique a posteriori en établissant un lien entre registre quantitatif de l'énergie et registre qualitatif de l'espace. En articulant ces deux dimensions, il offre de nouvelles perspectives pour l'analyse des œuvres immersives et a vocation à devenir un générateur de matériaux pour la création musicale, notamment lorsque ses données temps réel, peuvent être réinjectées dans des processus audio pour alimenter une spatialisation adaptative[396].

10.2.2 Positionnement et singularité dans l'écosystème des outils d'analyse spatiale

Le module inPlace ne se substitue pas aux outils d'analyse existants, mais vient occuper une niche spécifique, une zone intermédiaire qui répond à des besoins jusqu'alors non couverts par les solutions académiques ou industrielles. Sa singularité s'affirme par une différenciation vis-à-vis des familles d'outils établies. Alors que les analyseurs spectraux classiques décrivent efficacement la distribution énergétique par bandes de fréquences mais dans une abstraction spatiale totale, inPlace associe nativement chaque bin fréquentiel issu d'une source multipiste à une position dans l'espace, rendant possible une lecture de l'évolution et de la transformation spatiale de la masse spectrale d'une scène sonore.

Ce concept s'inscrit tout de même dans la continuité de quelques rares outils professionnels existants, tels que le *Nebula Scope* dans la suite FLUX *MiRA*[397] ou *SPAT Revolution*[398]. Ces

[396] Des flux de données en temps réel, transmis sous forme de matrices Jitter et de bundles OSC, ont été expérimentés lors des performances *Out of Sight* et *Umwelt*. L'objectif était de faire moduler la position du listener afin de contrôler le barycentre global de la spatialisation sonore, dans le but de limiter les effets de hors-champs dans un système de spatialisation interactif reposant sur un espace infini. Ces mises en œuvre ont permis de tester, dans un cadre artistique, la possibilité de réinjecter en temps réel les résultats de l'analyse dans des processus de traitement audio et de spatialisation. Les premiers résultats, évalués subjectivement par les musiciens et le public, ont confirmé la cohérence perceptive du dispositif. Toutefois, pour dépasser ce stade expérimental, une étude méthodique reste nécessaire : elle devra être réitérée et documentée de manière à produire des données comparatives objectivables, croisant la distribution énergétique mesurée, la perception des interprètes, et celle des auditeurs.

[397] https://www.flux.audio/project/mira (consulté le 2 septembre 2025)

[398] https://www.flux.audio/project/spat-revolution/ (consulté le 2 septembre 2025)

outils de visualisation spatiale hybride combinent spectrogramme de l'énergie fréquentielle et représentation du champ immersif simulant la localisation des bins dans un espace virtuel, mais proposent peu de réglages adaptés à un usage scientifique. Le corrélateur cinétique de inPlace, propose quant à lui une granularité pragmatique et opérationnelle. Son espace paramétrique est ouvert et modulable selon les critères analytiques adaptés à des démarches de recherche et de création. Une normalisation permet usuellement de garantir des résultats visibles sur les interfaces : l'interface de inPlace[399] présentée sur la figure 108, permet de spécifier clairement les options d'affichage lorsque la normalisation est désactivée[400].

Figure 108 : Interface de contrôle des paramètres de visualisation de inPlace (version alpha 1). Les paramètres affichés correspondent à une sélection prédéterminée. L'affinage des réglages et l'ajout de fonctionnalités complémentaires demeurent adaptables directement dans le code source, les paramètres de normalisation et d'échelles sont regroupés dans un sous-menu. Source : Maxence Mercier (2025).

L'objectif d'inPlace est de caractériser la cinétique globale d'un champ sonore complexe, composé de multiples strates et contributions simultanées. Il s'intéresse à la résultante perceptive de la scène dans son ensemble, et non à la trajectoire de ses composantes individuelles. Sa finalité est double : il est conçu à la fois pour l'analyse et pour la création. À l'opposé du fonctionnement en boîte noire de nombreux logiciels propriétaires, il se distingue par un mode de calcul ouvert, transparent et hautement paramétrable. Cette flexibilité permet au chercheur comme au créateur d'adapter le comportement de l'analyse au contenu sonore spécifique sur

[399] Dans le corpus *Sound Trajectory* version 4, l'interface a été nommée *onPlace*. Elle constitue un point de jonction entre *inPlace*, *outPlace* et la représentation des objets sonores, reliant ainsi l'ensemble des dimensions de l'espace produit et de l'espace perçu.

[400] L'outil Flux Analyzer offre néanmoins un accès à des réglages plus personnalisés que Spat Revolution, lequel est longtemps resté le seul outil disponible au public intégrant ce type de visualisation depuis 2017.

lequel il travaille (qu'il s'agisse d'un mixage musical, d'un paysage sonore ou de données bioacoustiques) et aux questions de recherches précises qui l'accompagnent.

Cette ouverture paramétrique constitue une contribution significative et originale de l'application. Au-delà de sa fonction première consistant à générer des méta-partitions spatiales animées, l'application a également vocation à pouvoir s'insérer dans le processus de création. Alors que le flux de travail traditionnel suit une logique linéaire — Composition → Exécution → Analyse — inPlace instaure une boucle récursive : Exécution → Analyse (via inPlace) → Extraction de données → Nouvelle Composition (à partir de ces données). Les trajectoires du barycentre spectral (créé par les bins), les indices de dispersion ou d'autres métriques générées par analyse, peuvent être exportés et réutilisés comme données de contrôle au sein d'une station de travail audio-numérique (DAW) ou d'un environnement de programmation tel que Max. L'analyse ne produit plus seulement un savoir sur l'œuvre : elle engendre de la matière première pour une nouvelle couche d'interactions spatiales, issue de l'œuvre elle-même.

L'outil possède ainsi des potentialités génératives qui lui confèrent les qualités d'un instrument musical. Musical signifie ici son aptitude à influer directement sur l'écriture, la performance et l'expérience de l'écoute, en transformant une mesure quantitative en paramètre expressif et en geste artistique.

10.2.3 Descripteurs spatiaux générés par inPlace

- Trajectoire du barycentre énergétique : vecteur tridimensionnel (x, y, z) en valeurs flottantes.
- Indice de dispersion spectro-spatiale : valeur scalaire normalisée (0–1) ou vecteur pondéré par bandes fréquentielles.
- Amplitude locale par secteur angulaire : vecteur de valeurs flottantes indexées sur un découpage sphérique prédéfini.
- Amplitude locale sur grille cartésienne : matrice tridimensionnelle (N×M×L) de valeurs flottantes indexées par coordonnées (x, y, z) ; export possible en matrice Jitter ou bundles OSC.
- Densité spectrale globale : valeur scalaire (agrégée) ou vecteur dérivé de la FFT.
- Écart-type spatial du barycentre (variance de position) : valeur scalaire.
- Énergie relative par regroupement KNN (clustering spatial) : vecteur de valeurs flottantes associé à chaque regroupement.
- Spectroïde par zone (centroid spectral local) : valeur flottante par zone spatiale définie.
- Coefficients MFCC par zone : vecteur de coefficients MFCC calculés pour chaque subdivision spatiale.
- Coefficients MEL par zone : vecteur de coefficients MEL dérivés de la FFT et calculés pour chaque subdivision spatiale.

Ces descripteurs constituent une première formalisation des paramètres spatiaux mesurés par inPlace. Ils traduisent sous forme de données numériques la dynamique énergétique d'une

scène sonore immersive, selon différentes échelles (globale, locale, fréquentielle). S'ils peuvent déjà être mobilisés dans un cadre artistique et sont ici annoncés comme ayant participé au processus de recherche-création[401], leur validation scientifique demande néanmoins une étude approfondie, afin de produire des résultats objectivables et comparables. Les données sont d'ores et déjà disponibles dans le code source de inPlace, mais leur exploitation systématique nécessite un travail complémentaire réitéré dans un cadre de création. L'objectif est de conduire à la publication des premiers résultats validés et de proposer, en parallèle à Sound Trajectory, une version logicielle distribuée sous la forme d'un standalone autonome, permettant à la communauté artistique et scientifique d'en évaluer et d'en prolonger les usages.

10.2.4 Protocole de traitement et chaîne opératoire : la médiation active du signal

Les représentations fournies par inPlace reposent sur une chaîne de traitement rigoureuse, qui transforme le signal brut en données stabilisées et exploitables, c'est à dire reproductibles si besoin d'être analysées dans les mêmes conditions[402]. Cette chaîne spectro-spatiale, fondée sur la décomposition fréquentielle, s'organise en plusieurs étapes successives, chacune répondant à des impératifs spécifiques de robustesse computationnelle, de pertinence perceptive, et de lisibilité visuelle.

1. Collecte des bins FFT

Le point de départ est une STFT appliquée aux flux audio multipistes : dans Max, l'objet pfft~[403] réalise une série de FFT sur des trames fenêtrées avec recouvrement, fournissant une représentation temps-fréquence exploitable pour les traitements ultérieurs[404]. Chaque piste est ainsi décomposée en un ensemble discret de *bins*[405] fréquentiels, chacun correspondant à une bande spectrale d'amplitude homogène. Les magnitudes - et le cas échéant les phases associées - sont extraites pour chaque fenêtre temporelle. Le nombre de bins dépend du choix de la taille

[401] Revoir notes *op. cit.* « Des flux de données en temps réel, transmis sous forme de matrices Jitter et de bundles OSC, ont été expérimentés lors des performances Out of Sight et Umwelt. »

[402] Un même enregistrement sonore produira les mêmes résultats d'analyses

[403] https://docs.cycling74.com/reference/pfft~/ (consulté le 2 septembre 2025)

[404] L'article de référence sur la première implémentation de ce traitement du signal dans l'ancêtre de Max : LINDEMANN, E., STARKIER, M., and DECHELLE, F. « The Architecture of the IRCAM Music Workstation. », *Computer Music Journal* 15(3), 1991, p. 41-49 et les premières applications notamment la fig. 7 de l'article : SETTEL, Z. and LIPPE, C. « Real-time Timbral Transformation: FFT-based Resynthesis », *Contemporary Music Review*, Harwood Academic Publishers, 1994.

[405] Dans le cadre d'une analyse spectrale par "Transformée de Fourier rapide (FFT)", le terme anglais bin désigne une « case fréquentielle ». Le spectre est discrétisé en un ensemble de bandes régulières, chacune correspondant à un intervalle centré sur une fréquence donnée. Chaque bin regroupe ainsi l'amplitude (ou magnitude) et, le cas échéant, la phase associée à cet intervalle. Par exemple, une FFT de 1024 points sur un signal échantillonné à 48 kHz produit 512 bins utiles, chacun couvrant environ 47 Hz. Le bin 1 décrit l'énergie autour de 47 Hz, le bin 2 celle autour de 94 Hz, et ainsi de suite. Ces bins ne représentent pas des fréquences uniques, mais des regroupements permettant de quantifier la distribution fréquentielle d'un signal de manière discrète et exploitable dans les calculs numériques.

de la FFT et de la fréquence d'échantillonnage, déterminant la résolution spectrale et le niveau de détail accessibles à l'analyse.

Les bins de chaque source sont regroupés dans une seule et même matrice, que l'on peut considérer comme un tableau de valeurs en deux dimensions. Les colonnes correspondent aux rangs des bins (fréquences), tandis que les lignes représentent les différentes sources.

La figure 109 présente cette étape et la suivante.

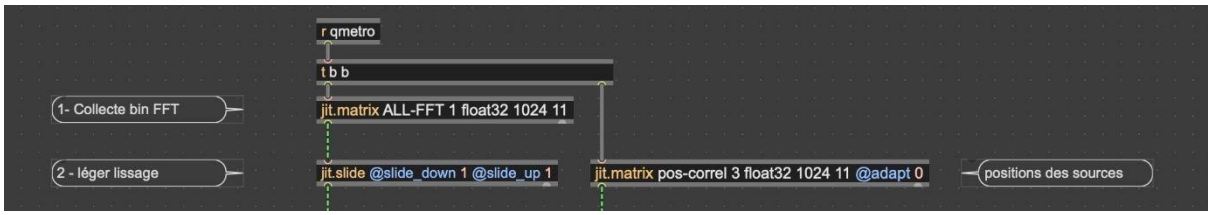


Figure 109 : Collecte des bins FFT. Source : Maxence Mercier (2025).

2. Lissage et dissociation computationnelle / visuelle

Pour atténuer la variabilité liée au bruit et aux fluctuations instantanées, un lissage de très faible amplitude est appliqué aux données sur l'axe du temps, par une moyenne glissante entre trames successives, et sur l'axe des fréquences, par un lissage des coefficients spectraux voisins. Ce prétraitement stabilise la représentation des magnitudes et constitue une base fiable pour les étapes analytiques et compositionnelles ultérieures, en évitant qu'un coefficient isolé ne pèse de façon disproportionnée sur la distribution des poids.

Après cette étape, le traitement se divise en deux branches complémentaires :

- la branche computationnelle, destinée au calcul du barycentre et aux opérations de pondération spatiale,
- la branche visuelle, orientée vers l'affichage et le contrôle des paramètres graphiques (couleur, opacité).

Cette séparation permet de traiter toutes les données de manière exhaustive dans le calcul, tout en préparant un rendu visuel cohérent avec la perception sonore. La figure 110 illustre cette bifurcation.

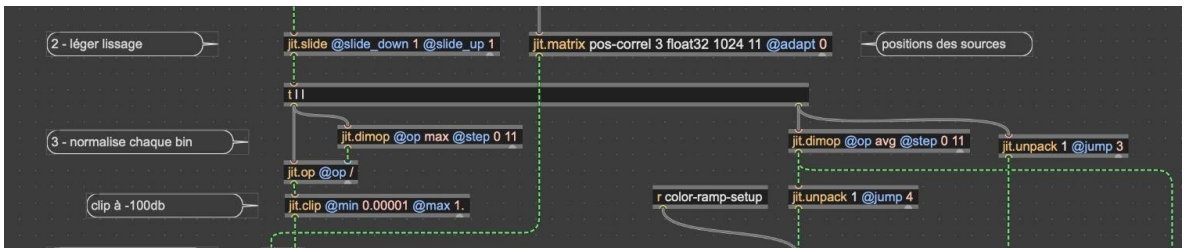


Figure 110 : Lissage et dissociation computationnelle / visuelle. Source : Maxence Mercier (2025).

3. Normalisation des bins

À ce stade, les magnitudes sont rapportées à une échelle relative. Pour chaque bin, la magnitude de chaque piste est divisée par la magnitude maximale observée dans ce bin. La piste la plus forte prend la valeur 1, et toutes les autres sont ramenées à un intervalle compris entre 0 et 1. Ce procédé garantit que toutes les sources contribuent proportionnellement, et que la comparaison entre pistes est indépendante de leurs niveaux absolus.

Cette étape fonde la logique relationnelle qui permet de comparer l'influence des sources les unes par rapport aux autres. Les valeurs de magnitude sont limitées à une plage dynamique computationnelle comprise entre –100 dB et 0 dB, de manière à assurer la robustesse des calculs, à éliminer les signaux correspondant au bruit de fond, et à éviter les artefacts de saturation. Sur le plan de la restitution visuelle, la plage retenue est en revanche plus restreinte, généralement de –60 dB à 0 dB, conformément aux standards des systèmes de visualisation audio. Cette distinction entre échelles de traitement et d'affichage est essentielle : la première permet de travailler sur des signaux très faibles, notamment en bioacoustique où des phénomènes imperceptibles doivent être détectés et analysés, tandis que la seconde garantit une représentation perceptivement cohérente dans un cadre musical. L'espace fréquentiel accessible à l'analyse peut ainsi s'étendre jusqu'à 192 kHz, même si les usages de la musique immersive sont en pratique standardisés à 48 kHz. La figure 111 illustre les différentes étapes permettant de pondérer la position spectrale des bins.

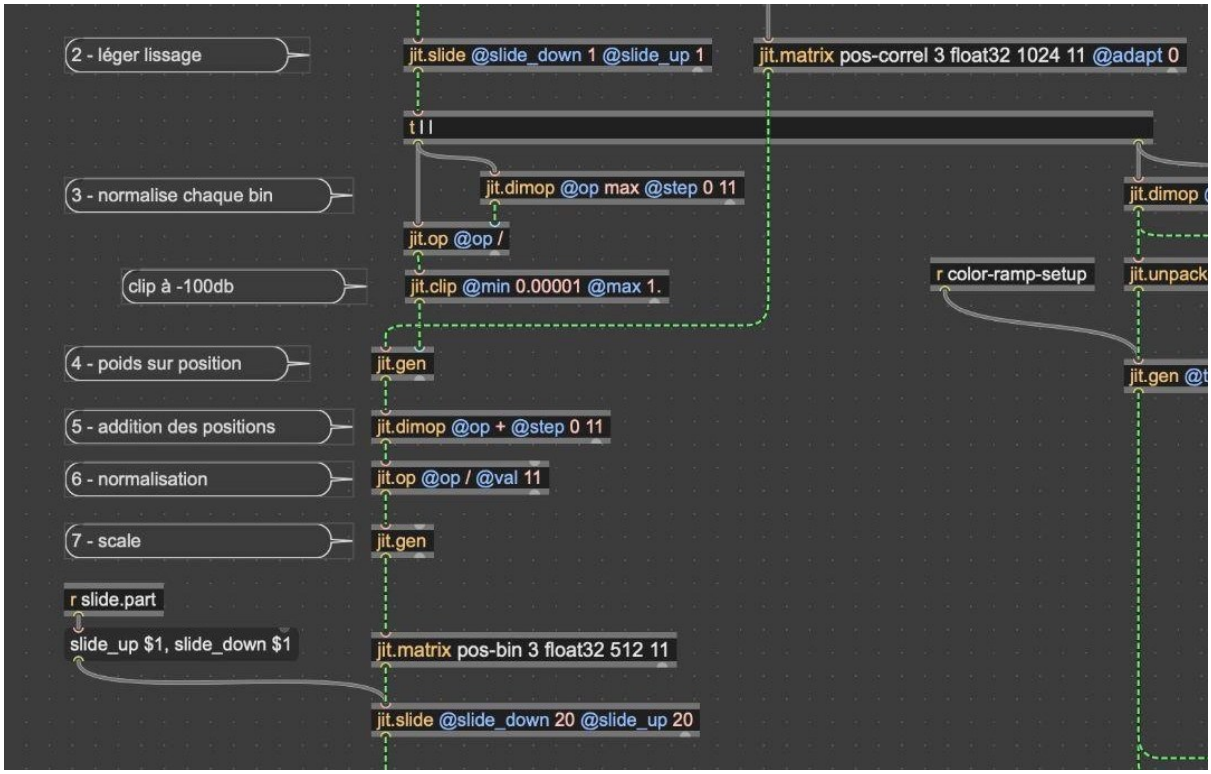


Figure 111 : Chaîne de traitements appliqués à la pondération des *bins* fréquentiels. Source : Maxence Mercier (2025).

4 à 7 Pondération spatiale et calcul barycentrique

Les valeurs normalisées deviennent alors des coefficients appliqués aux positions spatiales fixes (x, y, z) associées à chaque piste. Pour chaque bin (colonnes de la matrice), la position de chaque source (ligne de la matrice) est multipliée par son poids normalisé. Ces positions pondérées sont additionnées, puis agrégées sur l'ensemble du spectre. Cette opération produit un point barycentrique pour chaque fenêtre temporelle, lequel reflète la résultante spatiale instantanée du champ sonore. La succession de ces points dans le temps dessine une trajectoire cinétique, qui rend visible l'évolution énergétique globale de la scène. Même les sources faibles participent à ce calcul, puisqu'elles conservent un poids relatif (même très faible jusqu'à -100dB). Les coordonnées résultantes sont ensuite ramenées dans une plage de représentation adaptée aux environnements graphiques : les axes X et Y sont bornés entre –1 et 1, et l'axe Z entre 0 et 1. Cette mise à l'échelle rend les données compatibles avec les conventions des bibliothèques de rendu 3D OpenGL et facilite leur intégration dans des environnements de visualisation temps réel.

8. Visualisation des particules

Enfin, la représentation est réalisée sous forme de particules distribuées dans l'espace tridimensionnel. Les coordonnées calculées définissent la position des particules, tandis que leur opacité et leur couleur sont contrôlées par les magnitudes réelles. En parallèle, la branche visuelle conserve les magnitudes non normalisées (issues de l'étape 2) afin de piloter la transparence et la couleur des particules lors de l'affichage. Cette dissociation garantit que le calcul barycentrique repose sur l'intégralité des bins, tandis que la représentation met en évidence les composantes perceptuellement ou acoustiquement significatives. Cette approche permet une lecture intuitive de la distribution énergétique : les zones d'intensité perceptible apparaissent avec plus de luminosité, tandis que les composantes faibles s'effacent par transparence.

À cette visualisation de particules s'ajoutent des processus complémentaires chargés de produire un spectrogramme. Celui-ci se distingue par une réduction spectrale de l'espace théoriquement perçu, différente de la réduction monophonique d'un signal multipiste. Ce qui est représenté n'est pas le signal brut, mais une forme filtrée, pondérée, et normalisée de celui-ci.

La figure 112 illustre cette section.

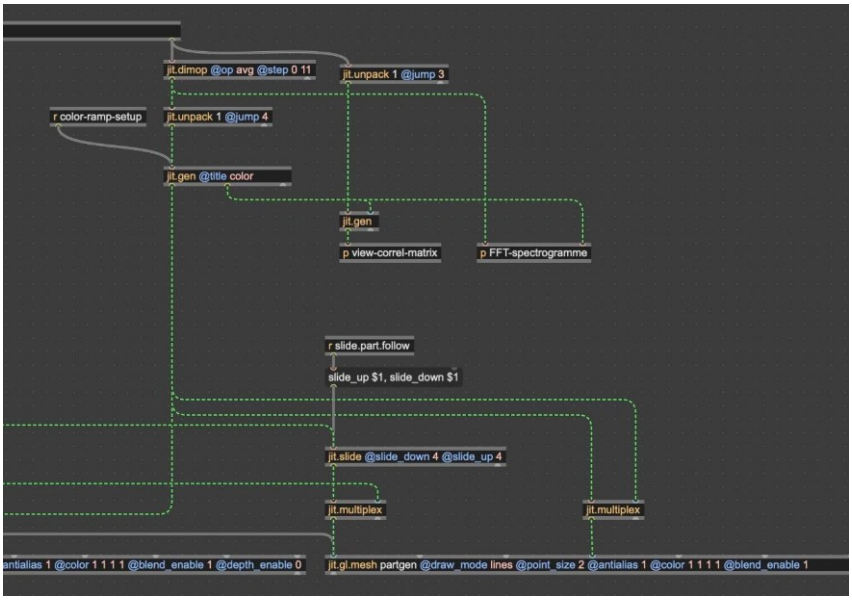


Figure 112 : Représentation des branches d'informations visuelles additionnelles.

10.2.4 Les trois modalités de visualisation : une approche multi-perspectives

Le module inPlace propose trois modalités de visualisation distinctes. Celles-ci ne doivent pas être considérées comme des représentations concurrentes d'une même réalité, mais comme des lentilles épistémologiques complémentaires, chacune offrant un accès partiel mais privilégié à un aspect différent de la complexité de la scène sonore.

1 Le mode polaire : une synthèse de la directivité

La visualisation polaire repose sur une représentation synthétique sous la forme d'un diagramme bidimensionnel constitué de cercles dont le rayon des sommets est modulé par les valeurs issues d'une série de suiveurs d'enveloppe (*envelope followers*) disposés régulièrement sur un cercle dans le plan horizontal. Trois tracés distincts sont proposés : l'un pour l'ensemble du spectre, un autre pour les basses fréquences, et un dernier pour les hautes fréquences - la fréquence de coupure restant ajustable. Afin de renforcer la stabilité et mettre en évidence les tendances, cette visualisation superpose les états successifs sur une durée elle aussi ajustable, produisant un effet de rémanence qui rend perceptible l'évolution de la directivité du champ sonore, comme illustré dans la figure 113.

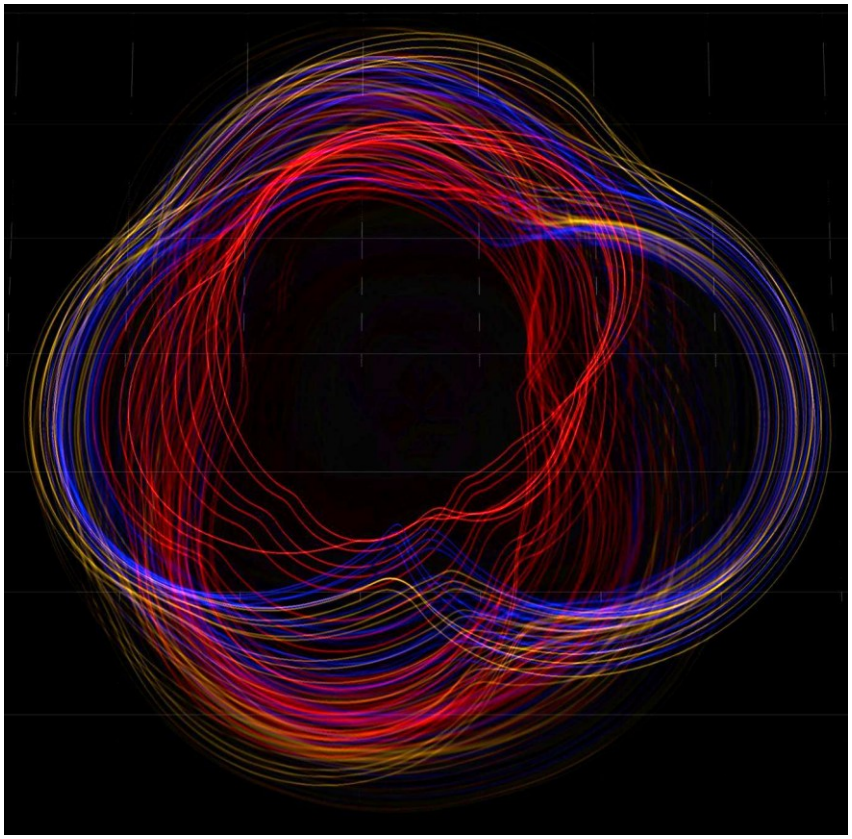


Figure 113 : Mode polaire de inPlace. La courbe rouge représente la radiation des fréquences situées au-dessus de la fréquence de coupure d'un filtre *crosstalk* (*mc~.cross*), la courbe bleue correspond aux basses fréquences en dessous de cette coupure, et la courbe jaune indique le signal en large bande (pleine bande). Source : Maxence Mercier (2025).

Contrairement au mode « Particules », cette représentation repose sur un algorithme propre, fondé sur la simulation d'une couronne de microphones virtuels disposée sur le plan horizontal au sein d'un espace ambisonique. Le nombre de microphones est fixé à 64, chacun étant analysé par un suiveur d'enveloppe. Le modèle ambisonique utilisé est ajustable sans limite théorique (de l'ordre 1 jusqu'aux ordres supérieurs). L'usage courant consiste à travailler avec un ordre 7 ou 11, qui représente un compromis équilibré entre précision spatiale et lisibilité, mais la simulation peut également être réduite à l'ordre 1 (type Soundfield) ou étendue jusqu'à l'ordre 40, permettant d'obtenir des figures de directivité extrêmement resserrées.

Dans sa version actuelle, la couronne est fixée sur le plan horizontal, mais la conception modulaire des abstractions Max autorise son orientation dans l'espace tridimensionnel. Cette possibilité ouvre la voie à une modélisation directionnelle du champ sonore ambisonique, afin d'explorer des radiations décentrées, en particulier lorsque l'analyse s'appuie sur des microphones à haute densité tels que l'Eigenmike 64[406]. Ce mode a été mis en œuvre dans des captations orchestrales et des rendus d'installations immersives, où il a fourni des représentations particulièrement convaincantes. Les analyses réalisées à partir de ces expériences feront l'objet

[406] L'Eigenmike 64 (MH Acoustics) est un microphone ambisonique de quatrième ordre composé de 64 capsules disposées sur une sphère, utilisé comme référence pour la capture à haute densité spatiale, https://eigenmike.com/eigenmike-64 (consulté le 2 septembre)

de publications ultérieures, destinées à documenter et à valider la pertinence de ces méthodes pour étudier le placement de ces micros complexes.

La principale force du mode polaire réside ainsi dans sa robustesse et sa réactivité. Contrairement au mode « Particules », pouvant être chaotique avec des contenus spectraux riches, la polarité conserve une stabilité visuelle qui la rend applicable à un large éventail de situations musicales. Elle offre un aperçu synthétique et immédiat du comportement spatial global. Sa limite fondamentale est toutefois inhérente à son principe : la réduction de l'information à deux dimensions, qui compresse au point d'éliminer toute donnée relative à l'élévation.

2 Le mode « Particules » : la granularité spectromorphologie spatiale

Le mode « Particules » repose sur une visualisation directe des entrées audio, en amont de tout décodage ambisonique (figure 114). Son principe de fonctionnement a été détaillé dans la section 10.2.3.

Cette approche offre une granularité particulièrement fine, permettant d'examiner la répartition détaillée des fréquences, notamment dans les textures complexes et les hautes fréquences. Toutefois, cette précision a pour contrepartie une densité et une instabilité visuelles : un millier de particules (1024) réagissant aux moindres fluctuations peuvent rendre difficile la perception de la structure globale. Le mode « Particules » constitue ainsi un outil privilégié pour l'analyse micro-structurale, mais ne saurait à lui seul rendre compte de la scène sonore dans son ensemble.

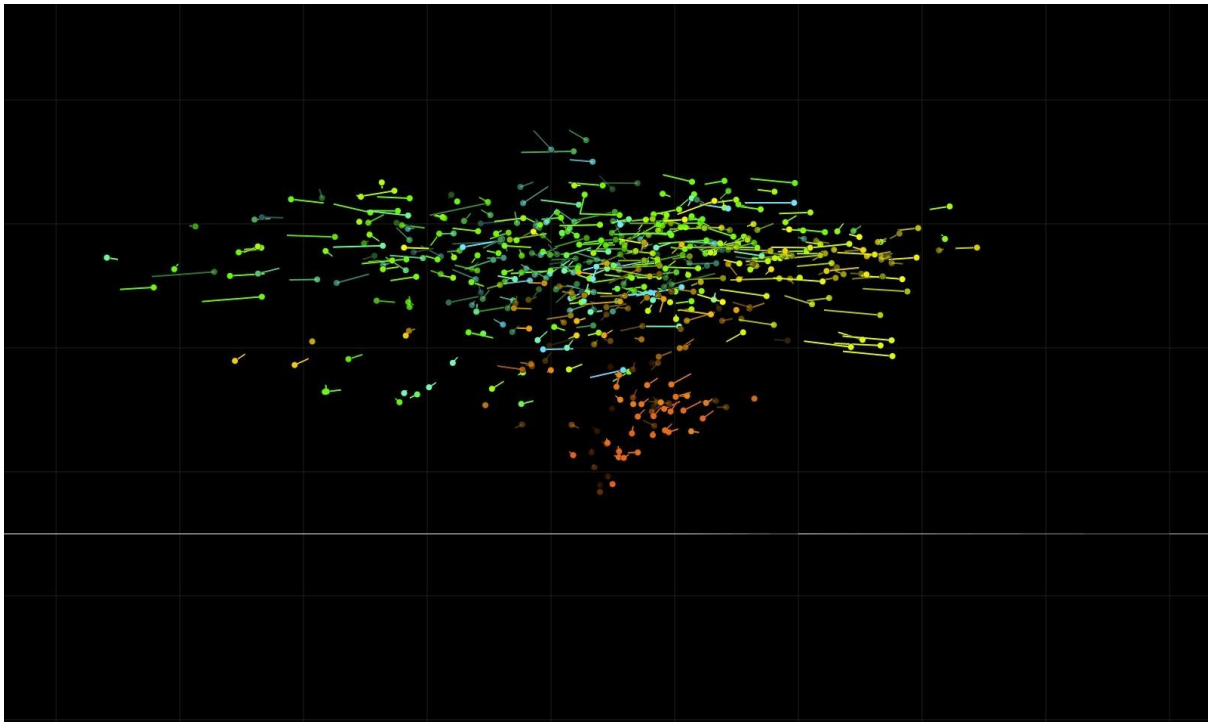


Figure 114 : Vue latérale du mode « particules ». Les basses fréquences apparaissent en orange, localisées au centre et à la base de la scène, tandis que les fréquences médium et aiguës, représentées en vert, jaune et turquoise, se répartissent entre les zones supérieures et inférieures de l'espace. Source : Maxence Mercier (2025).

3 Le mode *EnergyVisualizer* : une cartographie volumétrique uniforme

Le mode *EnergyVisualizer* adopte une logique inverse du mode « Particules » : il privilégie une cartographie uniforme des intensités. Le champ sonore est préalablement encodé au format ambisonique, puis analysé à l'aide du plugin VST *EnergyVisualizer* de la suite IEM (Institute of Electronic Music, Graz), utilisé ici comme outil de référence, accessible et permettant de comparer rapidement nos résultats. Ce traitement a pour effet de lisser et d'estomper les distributions spectrales, produisant des cartographies continues de la distribution de l'énergie sonore sur une sphère ambisonique.

Dans inPlace, l'intégration du module IEM s'accompagne d'une transposition spécifique des points de mesure. Chaque point est représenté par un sommet dont la distance au barycentre d'un modèle sphérique est proportionnelle à l'intensité du signal mesuré en ce point. Le résultat se matérialise sous la forme d'un volume dynamique, oscillant au gré de la distribution énergétique du signal dans le mix. Contrairement aux autres modes de représentation où les particules se déplacent en fonction des variations spectrales, les points demeurent fixes : cette stabilité rend possible la comparaison directe des coordonnées polaires complètes. Ce choix s'inscrit en cohérence avec la logique du plugin IEM *EnergyVisualizer*, qui « visualizes the energy distribution of the Ambisonic input signals by decoding it to a 426-points grid and rendering it using the Hammer-Aitoff projection. The points are distributed in a way that they are projected evenly spaced.[407] »

Dans ce cadre, le mode ambisonique d'inPlace complète les modes particules et polaire : les premiers privilégient respectivement la granularité spectrale et la lisibilité bidimensionnelle, tandis que la représentation par points fixes offre une cartographie volumétrique stable. Cette complémentarité permet de naviguer entre différentes échelles d'analyse et de perception, du détail local au comportement global du champ sonore. La figure 115 représente deux cas de combinaisons entre les modes EnergyVisualizer et polaire.

[407] Traduction du manuel IEM : « Le plugin *EnergyVisualizer* visualise la distribution énergétique des signaux d'entrée ambisoniques en les décodant sur une grille de 426 points et en les représentant à l'aide de la projection de Hammer-Aitoff. Les points sont distribués de manière à apparaître régulièrement espacés. » disponible à cette adresse : https://plugins.iem.at/docs/energyvisualizergrid/ (consulté le 2 septembre)

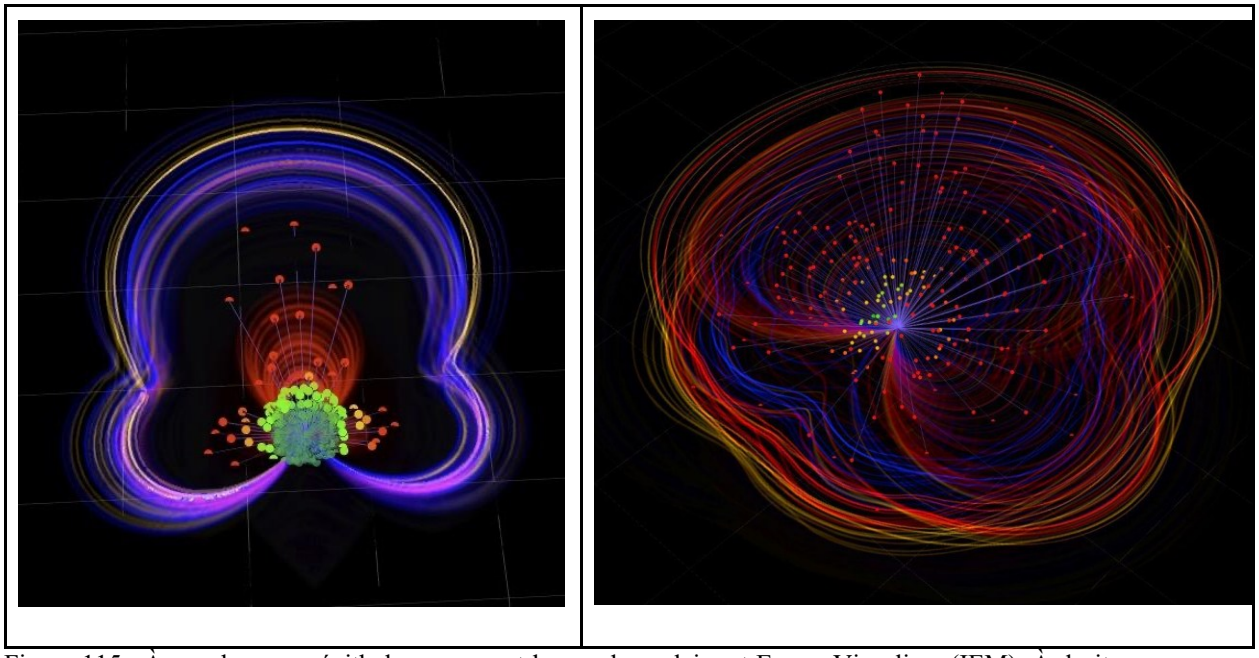


Figure 115 : À gauche, vue zénithale comparant les modes polaire et EnergyVisualizer (IEM). À droite, vue en perspective des mêmes représentations, avec des paramètres visuels de définition distincts. Dans les deux cas, on observe une forte directionnalité frontale, correspondant dans un mixage 7.1.4 à l'utilisation des enceintes L, R, C ainsi que des enceintes arrière RL et RR[408]. Source : Maxence Mercier (2025).

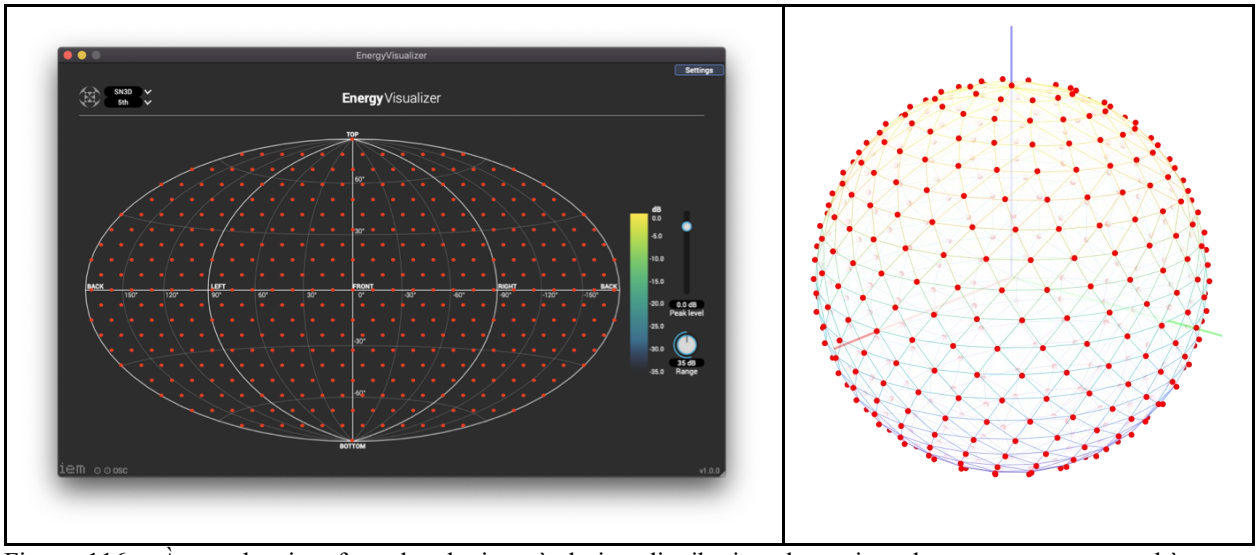


Figure 116 : À gauche, interface du plugin - à droite, distribution des points de mesure sur une sphère. Source : IEM

L'intérêt principal du mode EnergyVisualizer réside dans sa capacité à mettre en évidence des répartitions énergétiques globales claires et lisibles (figure 116). Il est particulièrement adapté à l'observation de l'évolution de la distribution spatiale de l'énergie et à la comparaison des dynamiques entre groupes de sources. Cette lisibilité s'obtient cependant au prix d'une perte de précision locale. En effet, même à un ordre élevé tel que l'ordre 7, l'encodage ambisonique induit un lissage qui diffuse la représentation spatiale : la localisation des événements spectraux discrets reste atténuée et les trajectoires fines des sources ne peuvent être suivies. Le « flou »

[408] Left, Right, Center, Rear Left, Rear Right

ambisonique ainsi produit ne constitue pas un défaut mais bien la condition de cette lisibilité globale, orientée vers une cartographie cohérente des masses énergétiques plutôt que vers la restitution des trajectoires individuelles.

C'est précisément sur ce point que les futures déclinaisons du logiciel, dans sa version outPlace, envisagent de mettre en œuvre au sein de l'espace ambisonique des techniques temps réel avancées, inspirées de la bioacoustique, afin de permettre le suivi des sources. Des travaux similaires ont déjà été menés dans la suite *SPARTA* développée par Leo McCormack et Symeon Delikaris-Manias[409], qui proposent des modules de localisation directionnelle à partir d'estimations d'angles d'arrivée (DOA). Toutefois, ces outils, bien qu'efficaces pour l'estimation du gisement des sources, ne fournissent pas de formats de sortie exploitables dans un contexte de création musicale immersive, ni pour l'analyse en dehors de l'interface des plugins. Dans cette perspective, les collaborations prévues avec Hervé Glotin[410] ouvriront la voie à un approfondissement bénéfique mutuel : d'une part, pour la musique, grâce à l'utilisation d'algorithmes spatiaux issus de la bioacoustique capables de discriminer les sources et d'évaluer leur distance en temps réel ; d'autre part, pour la bioacoustique, par l'élaboration de nouveaux modes de représentations visuelles adaptés à l'étude et à la valorisation des données.

10.2.5 Échelles

La question des échelles mérite d'être précisée. Si celles-ci ne sont pas représentées de manière exhaustive dans les visualisations graphiques, elles demeurent disponibles sous formes de tableaux statistiques générés à partir des matrices brutes et des descripteurs associés (qui constituent également des références). L'affichage est calibré selon des ratios logarithmiques qui assurent la lisibilité des dynamiques, tandis que les valeurs exactes et les plages utilisées peuvent être consultées dans les données exportées. Ce choix privilégie la clarté visuelle, sans exclure l'accès à une information quantitative détaillée lorsque cela s'avère nécessaire.

La question des échelles doit être envisagée à deux niveaux distincts. Sur le plan du calcul, les matrices brutes et les descripteurs conservent l'intégralité de la dynamique du signal, qui peut être exportée sous forme de tableaux statistiques. Sur le plan de l'affichage, en revanche, un calibrage logarithmique est appliqué afin d'assurer la lisibilité visuelle : les données sont ramenées dans une plage réduite, adaptée au rendu graphique, généralement comprise entre –60

[409] Leo McCormack, Symeon Delikaris-Manias et plusieurs collaborateurs ont participé au développement de la suite SPARTA (Spatial Audio Real-Time Applications), un ensemble de modules open source destinés au traitement temps réel du son ambisonique. Voir : https://leomccormack.github.io/sparta-site/ (consulté le 2 septembre 2025)

[410] Hervé Glotin (Université de Toulon, CNRS, LIS/DYNI) développe depuis plusieurs années des méthodes avancées de localisation, de suivi et de classification de sources bioacoustiques, en particulier appliquées aux cétacés et autres espèces marines. Ses travaux portent sur l'estimation de direction et de distance à partir de réseaux de capteurs, avec un accent mis sur le traitement temps réel et l'apprentissage automatique. Ces recherches offrent un cadre méthodologique précieux pour transposer des techniques de suivi et de discrimination de sources au domaine de la musique immersive, tout en ouvrant en retour de nouvelles perspectives de représentation visuelle pour la bioacoustique. https://glotin.univ-tln.fr/ et https://cian.lis-lab.fr/

dB et 0 dB. Ainsi, certaines variations extrêmes, bien que présentes dans les données numériques et exploitables pour l'analyse, peuvent ne pas être directement représentées dans les visualisations[411]. Ce choix de dissociation entre échelle de calcul et échelle d'affichage permet de concilier précision scientifique (accès aux valeurs complètes) et efficacité perceptive (clarté des représentations).

Figure 117 : Bandeau d'informations d'inPlace. Source : Maxence Mercier (2025).

Le bandeau inférieur représenté sur la figure 117 intègre un ensemble d'indicateurs destinés à informer sur le comportement dynamique du signal après sommation[412]. Aux mesures normalisées issues de l'objet mc.loudness~ de Max — LUFS (conformes à la recommandation EBU R128[413]), True Peak et Loudness Range — s'ajoutent plusieurs développements spécifiques conçus pour inPlace. Ces derniers incluent :

- les valeurs min et max (en dB), qui renseignent respectivement sur les niveaux extrêmes atteints par le signal dans la fenêtre considérée ;
- le Δ (delta), correspondant à l'écart dynamique global entre ces deux extrêmes ;
- le Δ moyen sur 3 secondes, indicateur de micro-dynamique mesurant la variation moyenne d'intensité sur une courte fenêtre glissante.

Ces informations supplémentaires offrent une lecture plus immédiate et contextualisée de la dynamique, en complétant les mesures perceptives normalisées. Alors que les LUFS et le True Peak garantissent un calibrage conforme aux standards de diffusion, les indicateurs min/max et delta permettent de qualifier la variabilité réelle du signal et d'adapter le rendu immersif aux intentions spécifiques de l'écriture musicale et de la perception.

10.2.6 Code source et concept

Le code source du module est mis à disposition dans les annexes numériques et sera parallèlement déposé sur le dépôt *Software Héritage* afin d'en assurer la pérennité et la traçabilité. Il est distribué sous licence *Creative Commons BY-NC*[414], qui en autorise l'usage libre dans le cadre

[411] Il s'agit là encore de choix d'ajustements.

[412] Les LUFS, le True Peak et le Loudness Range proviennent directement de la sommation du signal (c'est-à-dire du flux multipiste additionné en une sortie analysée).

[413] EBU R128, Genève, 2023, https://tech.ebu.ch/docs/r/r128.pdf (consulté le 5 septembre 2025)

[414] La licence Creative Commons BY-NC (Attribution – Non Commercial) autorise la libre utilisation, la modification et la diffusion du code source, sous réserve que l'auteur soit explicitement crédité et que l'usage demeure non commercial. Les activités de recherche scientifique, de création artistique et de diffusion académique entrent pleinement dans ce cadre. En revanche, toute intégration du code ou de ses concepts dans des produits, services ou projets à vocation commerciale requiert une licence distincte. Ce dispositif a pour objectif d'encourager la circulation des savoirs dans le champ non marchand tout en protégeant la possibilité d'une valorisation économique. Il offre également une garantie de négociation équitable vis-à-vis de détenteurs de brevets susceptibles de couvrir certains champs technologiques connexes.

d’activités de recherche et de création. Toute utilisation commerciale du code ou des concepts qui y sont associés est en revanche soumise à l’obtention d’une licence spécifique.

10.2.7 Discussion critique et conclusion : De l’analyse à la composition

L’analyse comparative des trois modalités de visualisation d’inPlace démontre qu’elles ne sont ni équivalentes ni interchangeables. Elles proposent des perspectives différentes, permettant de naviguer entre différents niveaux d’abstraction pour appréhender la complexité de l’espace perçu, produit par l’écriture spatiale. Les illustrations de la figure 118 témoignent de deux états distincts de spatialisation d’une même œuvre.

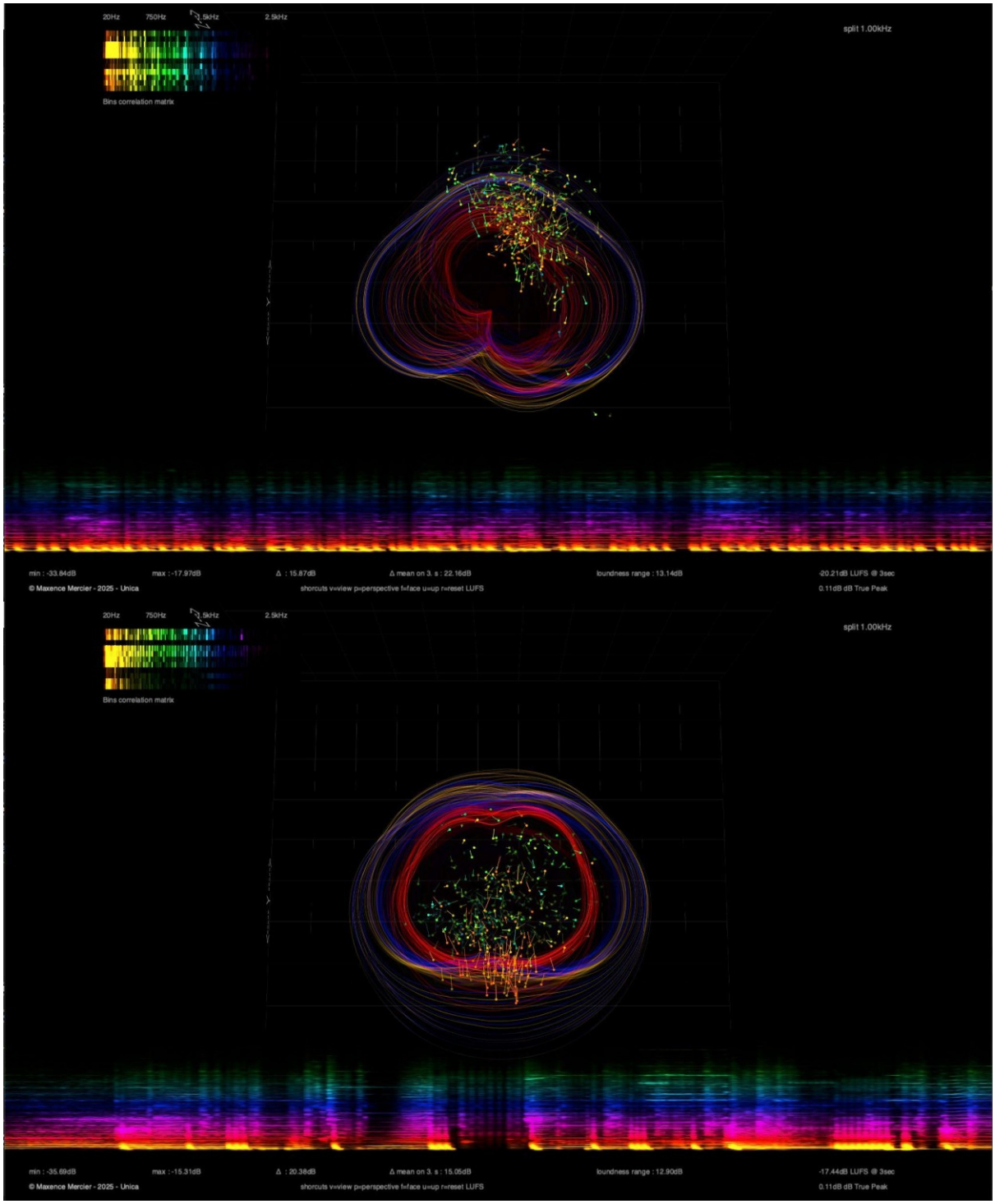


Figure 118 : Interface de visualisation OpenGL de inPlace. Les deux vues illustrent deux états distincts de spatialisation d'une même œuvre. Source : Maxence Mercier (2025).

L'ensemble offre une représentation à la fois analytique et artistique de la cinétique spectromorphologie spatiale. La notion de *spectromorphologie* s'inscrit dans la continuité des recherches schaefferiennes sur l'objet sonore (Schaeffer, 1966). Denis Smalley en a proposé une

formalisation systématique, articulant les dimensions spectrales, temporelles et morphologiques perçues du son[415]. Lasse Thoresen a prolongé cette démarche en développant une adaptation analytique de la typomorphologie de Schaeffer en cherchant à outiller plus systématiquement la spectromorphologie[416]. Si Smalley a esquissé la notion de *space-form* et évoqué certains aspects liés à la spatialité, cette question n'a pas constitué un axe central, la spectromorphologie restant largement centrée sur la temporalité et la morphologie de l'objet sonore. Dans une communication personnelle (courriel, 2024), Lasse Thoresen a d'ailleurs confirmé ne pas avoir investi la dimension spatiale dans ses travaux théoriques.

Smalley évoque ponctuellement une *spatiomorphology*[417] pour désigner l'expérience de l'espace dans l'écoute acousmatique, sans toutefois en développer une théorie systématique. Il utilise néanmoins ce terme pour désigner l'attention portée aux propriétés spatiales issues de l'activité spectromorphologique — l'espace devenant un nouveau mode de *source-bonding*[418] — et qui appelle à placer l'espace au centre de l'analyse, non en périphérie. Holbrook[419] (2019) reprend ce fil en parlant de « spatial morphologies », insistant sur le fait que l'espace doit être considéré comme paramètre constitutif de l'objet sonore. Cependant, ces usages restent ponctuels et n'ont pas donné lieu à un cadre analytique stabilisé.

Cela ouvre la possibilité d'élaborer aujourd'hui une véritable *spatiomorphologie sonore*, intégrant de manière indissociable temps et espace dans l'analyse et l'écriture musicales. InPlace fournit une opérationnalisation concrète de ce cadre. En associant des descripteurs spectraux (bins) à des positions et en agrégeant leurs trajectoires (barycentres, polaires à rémanence), l'outil permet de suivre des « formes spatiales » et leurs transformations, c'est-à-dire des configurations dynamiques où le temps sert l'espace. On obtient ainsi une lecture située des processus de spatialisation, compatible avec une approche par *space-form* et apte à documenter les

---

[415] SMALLEY, Denis. « Spectro-morphology and Structuring Processes », in *The Language of Electroacoustic Music*, éd. S. Emmerson, London, Macmillan, 1986 et encore : SMALLEY, Denis. « Spectromorphology: Explaining Sound-Shapes », *Organised Sound*, vol. 2, no. 2, 1997, p. 107-126, https://doi.org/10.1017/S1355771897009059

[416] THORESEN, Lasse. « Spectromorphological Analysis of Sound Objects: An adaptation of Pierre Schaeffer's Typomorphology », *Organised Sound*, vol. 12, no. 2, 2007, p. 129-141, https://doi.org/10.1017/S1355771807001793

[417] SMALLEY, Denis. « Space-Form and the Acousmatic Image » *Organised Sound* 12, no. 1, 2007, p. 35–58. https://doi.org/10.1017/S1355771807001665

[418] Le source bounding désigne l'opération qui consiste à définir les limites d'une source sonore dans un espace donné (spectral, temporel ou spatial). Dans le domaine de la spatialisation, il s'agit souvent de borner une zone de diffusion ou de direction (cône, sphère) afin d'isoler ou de contraindre une source. En analyse fréquentielle (STFT), cela permet d'assigner certains bins à une source en fonction de paramètres directionnels. Dans les moteurs de rendu objet, le terme renvoie aussi à la définition d'une « boîte englobante » limitant la trajectoire ou l'extension spatiale d'un son. Enfin, dans les travaux audio-visuels récents, il peut désigner l'association d'une zone visuelle (bounding box) à une source localisée dans une scène. L'idée commune reste de fixer des bornes perceptives ou calculées pour identifier, manipuler ou contrôler une source.

[419] HOLBROOK, Ulf A. S. « Sound Objects and Spatial Morphologies ». Organised Sound 24, no. 1, 2019, p. 20-29. https://doi.org/10.1017/S1355771819000037

continuités, ruptures et attentes perceptives liées à la morphogenèse spatiale. Nous en discuterons, chapitre 16, en conclusion du manuscrit.

Un développement à venir, sous la forme d'un vocoder spatial, prolongera les expérimentations engagées au début des années 2000 sur la synthèse spatiale à partir des bins d'analyse STFT[420]. La resynthèse visera un espace réduit, dérivé du processus d'analyse d'inPlace : les bins d'un signal monophonique y seront distribués comme objets sonores afin de reconstituer partiellement une source multiphonique. L'usage visé est d'abord esthétique, et non une solution d'encodage : le dispositif permettra des manipulations conjuguant timbre et espace, rendues accessibles par une interface. Ce travail n'est pas spéculatif et fera l'objet, à brève échéance, d'une publication assortie d'une documentation technique.

10.2.8 Conclusion

Pour conclure sur les fonctionnalités dès à présent opérationnelles du logiciel inPlace, le mode « Particules » privilégie l'observation des détails *spatiomorphologiques*, le mode *«EnergyVisualizer* » favorise la perception des dynamiques globales, et le mode « Polaire » condense l'information dans une forme synthétique et robuste. Leur usage concerté articule trois points de vue : la granularité des distributions, une cartographie volumétrique uniforme, et la modélisation d'enveloppes de directivité. Le tableau 9 synthétise cette complémentarité.

Modalité	**Principe de représentation**	**Point fort**	**Limite**	**Usage privilégié**
Polaire	Représentation bidimensionnelle de cercles de directivité spectrale : plein spectre, basses, aigus.	Grande lisibilité, stabilité et réactivité ; permet un suivi robuste de l'évolution globale.	Réduction à deux dimensions : perte d'information sur l'élévation	Analyse rapide de la directivité et suivi synthétique des distributions globales en 2 dimensions transcodées depuis un encodage 3D
Particules	Visualisation directe de chaque *bin* fréquentiel comme particule, positionnée selon une pondération spatiale et spectrale	Très haute granularité spectro-spatiale ; accès fin aux textures et aux hautes fréquences.	Densité et instabilité visuelles ; difficulté à percevoir la structure globale.	Analyse microstructurale, étude des textures complexes et des détails spectraux.

[420] TORCHIA, Ryan H. et LIPPE, Cort. « Techniques for Multi-Channel Real-Time Spatial Distribution Using Frequency-Domain Processing », In *New Interfaces for Musical Expression*, NIME-04, Proceedings, Hamamatsu, Japan, June 3–5, 2004, édité par Yoichi Nagashima et Michael J. Lyons, 116–19. Hamamatsu: Shizuoka University of Art and Culture, 2004. https://doi.org/10.5281/zenodo.1176679

Modalité	Principe de représentation	Point fort	Limite	Usage privilégié
HOA (IEM – EnergyVisualizer)	Cartographie radiale continue via encodage ambisonique et projection sphérique ; points fixes pondérés par intensité.	Lisibilité des répartitions énergétiques macroscopiques ; observation claire des dynamiques globales.	Précision locale atténuée ; lissage inhérent à l'encodage (« flou » ambisonique).	Cartographie d'ensemble, comparaison des répartitions énergétiques

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des différents modes de visualisation de inPlace. Source : Maxence Mercier (2025).

Cette approche multimodale récapitulée dans le tableau ci-dessus, s'appuie sur la complémentarité de plusieurs modes de visualisation. Chacun met en évidence des aspects différents du champ sonore, et c'est leur articulation qui permet une lecture plus complète et nuancée des phénomènes observés. inPlace adopte ainsi une logique de complémentarité, où les représentations se renforcent mutuellement pour documenter l'écriture spatiale sous divers angles.

L'un des apports spécifiques de inPlace tient à sa capacité à relier analyse et création dans un même processus. En rendant ses données analytiques exportables et réutilisables, le module ne se limite pas à une fonction descriptive a posteriori et peut potentiellement être utilisé comme un outil génératif. Le concept de méta-partition spatiale constitue à ce titre un élément central : il fournit des matériaux directement exploitables pour la représentation et l'analyse d'une composition sous la forme d'une notation spatiale en dialogue avec l'écoute et la physique des dynamiques cinétiques de l'espace sonore. Enfin, la *spatiomorphologie* entend englober toutes ses dimensions analytiques.

inPlace instaure ainsi une continuité entre une représentation schématique de l'écoute, et l'analyse et l'écriture de l'espace. Les annexes numériques mettent à disposition des transcriptions réalisées avec cet outil, appliquées à *Umwelt*, *Out of Sight*, *Beyond Sea Skin* ainsi qu'à plusieurs extraits d'œuvres citées dans le manuscrit (Brant *Ice Field* (2002), Risset : *Resonant Sound Space* (2002), Romitelli : *Index of Metal* (2003) par Ictus, Xenakis : *Persephassa* (1969), Arthur H : *La vie* (2023), Max Cooper : *Unspoken Words* (2022).

10.3 Spatial partition mapping

Le module *Spatial Partition Mapping* a été conçu comme une extension de Sound Trajectory pour répondre aux besoins des projets *Voices of Fragments* et *Beyond Sea Skin*. Contrairement à l'écriture de trajectoires continues, il repose sur une partition spatiale composée de zones fixes. Ces zones ne décrivent pas un mouvement en elles-mêmes, mais deviennent des surfaces d'activation où peut être déclenchée la lecture d'échantillons sonores ou modulés des volumes.

Pour définir ces zones, l'outil utilise un diagramme de Voronoï. Ce procédé géométrique découpe automatiquement l'espace en cellules à partir d'un ensemble de points générateurs – en pratique, les positions des haut-parleurs. Chaque cellule correspond à la région la plus proche de son point générateur. L'espace entier est ainsi couvert sans chevauchement ni vide, et chaque position est rattachée de manière univoque à une source sonore. Les cellules deviennent des zones réactives, capables d'être activées soit par des triggers, soit par le passage d'une trajectoire dessinée dans Sound Trajectory. La logique est ici de convertir la représentation visuelle d'une source en une sorte de brosse qui, en se déplaçant, « peint » ou « balaie » les zones. Le franchissement d'une cellule génère alors un ensemble de variables (par exemple un volume ou un paramètre de mixage), calculées selon la position et la progression de la source.

En pratique, cela permet en studio, de préparer des séquences multicanal, ou de produire les fichiers audio individuels destinés aux modules autonomes du système PrÉ[421] (Présence Électroacoustique). Sur scène et en temps réel, le système devenu instrument d'interprétation, permet de déclencher des événements ou de gérer des mixages dynamiques directement depuis la partition elle-même qui est interactive et littérale. L'interface regroupe sans intermédiaire : l'espace interactif, la partition et l'espace de production : la scène.

Le module *Spatial Partition Mapping* étend les fonctionnalités de Sound Trajectory en permettant aux trajectoires de déclencher des actions : chaque déplacement devient une opération de cartographie qui active, module et articule les zones d'un espace sonore distribué. Pour une description plus approfondie, les chapitres 14 et 15 sur *Voices of Fragments* et *Beyond sea Skin* présentent des cas pratiques mis en application pour la réalisation de ces œuvres.

10.4 Cybernéphone X

Le Gmebaphone est le premier instrument dédié à l'interprétation/diffusion en concert des musiques électroacoustiques. Conçu et designé par Christian Clozier, l'instrument fut inauguré le 13 juin 1973 pour les concerts du festival Synthèse à Bourges[422].

[421] Le système PrÉ (Présence Électroacoustique) a été imaginé par le compositeur Jean-Luc Hervé et développé par Camille Giuglaris au CIRM et à l'Université Côte d'Azur. Le système repose sur des modules sonores autonomes et sans fil (nano-ordinateur, ampli, batterie). Ces unités diffusent de manière distribuée une polyphonie immersive, contrôlée en réseau Wi-Fi. L'absence de câblage et la dissimulation des sources facilitent la mise en place d'expériences sonores avec une haute densité de points de diffusion. Ce dispositif a donné lieu à des déclinaisons sous forme d'installations sonores avec le « parapluie immersif » utilisé à différentes échelles pour les projets de création sonore spatialisée à l'Université Côte d'Azur. https://www.tripinlab.com/pre/

[422] CLOZIER, Christian. *Le Gmebaphone, concept, historique, photos, schémas*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.1, Misame, 2022, 317 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-1_9_Concept_p317.pdf (consulté le 5 septembre 2025)

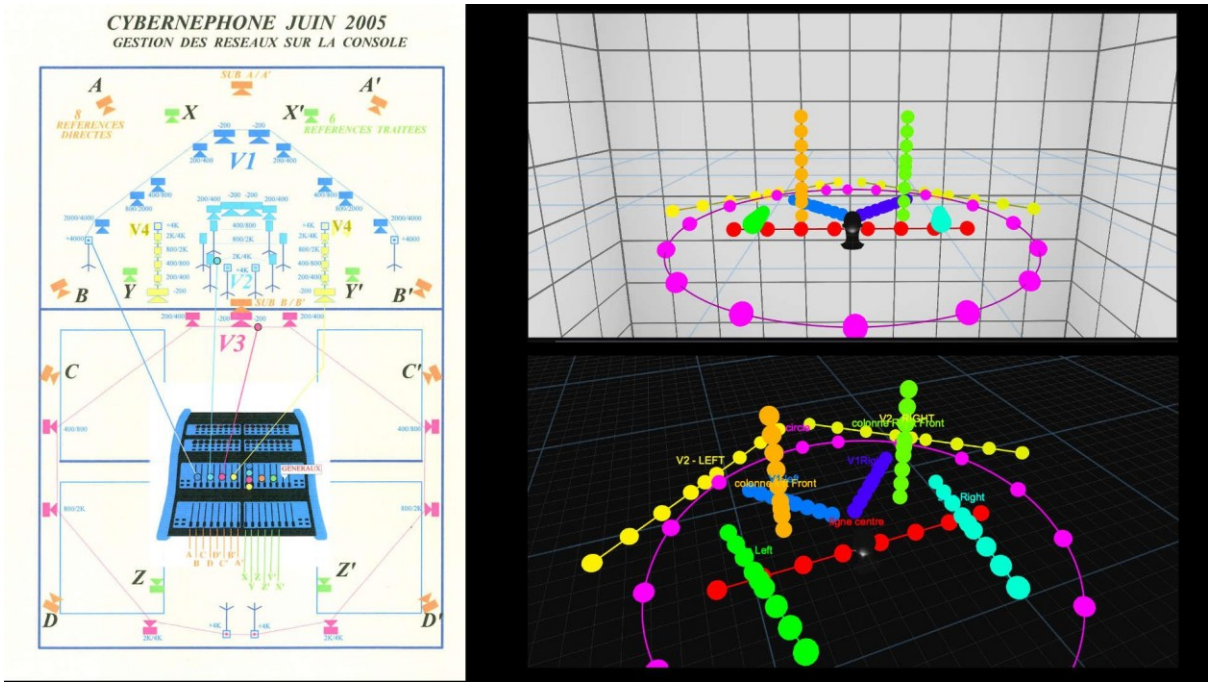


Figure 119 : Virtualisation du Cybernéphone, à gauche le dispositif modèle en 2005, à droite sa simulation dans Sound Trajectory en 2023, source : Misame (gauche) & Maxence Mercier (2023)(droite)

J'ai collaboré avec Christian Clozier pour réaliser une nouvelle version open source du *Cybernéphone* utilisable sur dispositif réel et en réalité virtuelle. La figure 119 présente sa virtualisation dans l'interface de visualisation 3D de Sound Trajectory. Ce projet se destine à reproduire les traitements sonores et les logiques matricielles de distribution des canaux de diffusion.

Natasha Barrett (avec le *Virtualmonium*)[423] et Christine Webster[424] ont chacune démontré leur intérêt pour virtualiser un dispositif de haut-parleurs, à la fois pour l'étude de l'interprétation en concert, la recherche, et la création de nouvelles œuvres également au sein d'environnements virtuels. Dans la même démarche, la virtualisation du *Cybernéphone* permettra de remettre à l'étude les particularités de ce dispositif précurseur, avec notamment les filtrages opérés sur les groupes de haut-parleurs ainsi que les interfaces de commandes tactiles et visuelles dédiées à l'interprétation.

Le *Cybernéphone X* reprend les concepts du projet initial pour une réécriture complète du code en vue de proposer une version virtualisée transposable sur un système de diffusion réel.

10.4.1 Présentation du Gmebaphone

Les concepts musicaux qui définissent l'instrument dès ses débuts proposaient une approche de mise en relief musical et sonore par un contrôle des timbres, du temps et de l'espace. Les

[423] BARRETT, N. and JENSENIUS A. « The 'Virtualmonium': an instrument for classical sound diffusion over a virtual loudspeaker orchestra », Brisbane, Australia, 1 juin 2016.

[424] WEBSTER, C. and al. « Vers un acousmonium en immersion VR en ambisonie 3D et binaural ». *Journées d'informatique musicale,* Oct 2020, Strasbourg, France. hal-02977660

modalités d'interprétation permettaient d'exprimer dans l'espace de la salle de concert, les potentialités expressives d'œuvres électroacoustiques distribuées sur des réseaux de haut-parleurs discrétisés. En 36 ans d'activité, les versions successives du processeur audio et de son pupitre de commande ont évolué de circuits analogiques à un système entièrement numérique. Rebaptisé *Cybernéphone* à la fin des années 90, ce dernier tirait parti de la toute récente couche MSP de Max.

C'est un instrument constitué d'un ensemble hiérarchisé de systèmes, accès et opérateurs, doté de mémoire, séquenceur d'automatisation, de règles et modes de jeux combinatoires fondant une rhétorique expressive de l'interprétation électroacoustique.

10.4.2 Fondamentaux organologiques :

Le principe initial de l'instrument est de diviser les timbres des voix stéréophoniques en 6 registres de fréquences, répartis en bande d'octaves, de l'extrême grave à l'extrême aigu. Ces bandes de fréquence sont ensuite distribuées aux haut-parleurs adéquats, répartis et orientés dans l'espace du concert. Selon son concepteur, le projet consistait en quelque sorte à dé-mixer les polyphonies sonores réalisées en studio.

Le Cybernéphone repose sur la superposition de plusieurs dispositifs de haut-parleurs, les uns filtrés par bandes de fréquence, les autres pleines bandes utilisées comme référence conventionnelle.

L'objectif était de créer une répartition spatiale naturelle où les spectres répartis sur plusieurs points d'émission se synthétisent en de multiples points virtuels.

Les V

Les réseaux dits en « V » sont filtrés. Ils opèrent une mise en perspective déterminée par le timbre des éléments sonores. La distribution spatiale et spectrale répartit les voix d'un signal stéréo sur 6 registres fréquentiels :

- extrême grave
- grave
- bas médium
- haut médium
- aigu
- suraigu

Les V sont au nombre de quatre, constitués en réseaux de 12 haut-parleurs répartis à gauche et à droite. L'espace sonore est ainsi animé par 24 couples de haut-parleurs positionnés et orientés en fonction de leurs caractéristiques et rapports de phase avec l'ensemble.

Le signal stéréo en entrée se subdivise en une multitude de « points virtuels » qui créent de la densité et de la présence. Cette répartition permet des couplages stéréophoniques artificiels entre chaque haut-parleur et espace de timbre. Elle permet également de créer des diagonales

entre les haut-parleurs de spectre voisin. À cela s'ajoute l'illusion psychoacoustique de distance propre aux graves, et de proximité propre aux aigus.

Les références

Les réseaux « références » sont des couples large bande, diffusant l'intégralité du spectre sans filtrage, mais dotés de possibilités de réverbération, de délai et de transposition. Ces couples de haut-parleurs non traités permettent d'édifier une mise en espace conventionnelle, à partir d'une pièce stéréo, multipiste, ou des musiques mixtes avec instrumentiste. En complément aux réseaux de haut-parleurs filtrés, les haut-parleurs pleines bandes étaient disposés en position octophonique - permettant des plans classiques mettant en valeur par opposition les effets de relief et profondeur générés par les V.

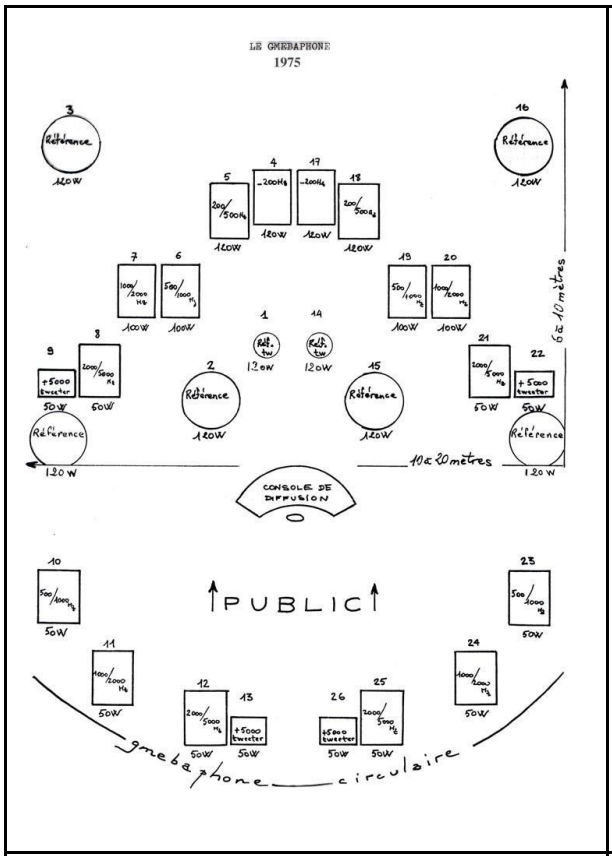


Figure 120 : Dispositifs scéniques du Gmebaphone en 1975 avec la répartition des filtres, source : MISAME

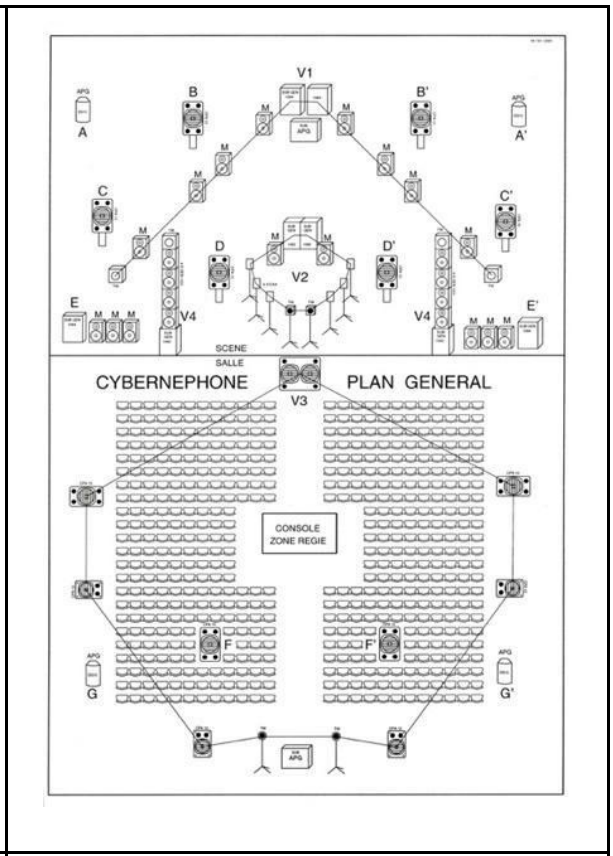


Figure 121 : Dispositifs scéniques du Cybernéphone en 1999, source : MISAME

Le concept musical du Gmebaphone (figure 120) formalisé depuis 1973 connaîtra 9 développements techniques et théoriques importants au fil de 7 versions instrumentales réalisées (v.7 figure 121) . Certaines consoles sont visibles à la BNF et au Musée de la musique à Paris. Le Gmebaphone fut renommé dans sa dernière version : Cybernéphone. Le projet de virtualisation permettra de réactiver les principes fondamentaux du dispositif et de ses traitements, remis à jour à la fois pour son utilisation en réalité virtuelle et sur un dispositif réel utilisable en concert.

Virtualisation

Ces travaux visent à faire réactiver des stratégies de spatialisation efficaces qui répondent encore aux problématiques esthétiques de la spatialisation pour les nouveaux supports de diffusion immersifs.

Les solutions de virtualisation offrent une alternative aux problématiques d'accès aux dispositifs de spatialisation sonore, qu'ils soient en studio ou sur scène. L'accès à ce type de dispositif n'est bien souvent possible que très peu de temps avant le concert pour une répétition très courte, ne permettant pas d'appréhender sereinement les capacités expressives des dispositifs de diffusion. Ces simulations sont donc utiles pour concevoir et partager, entre le compositeur et l'organisateur d'un concert, une proposition de dispositifs d'interprétation.

Techniques

La majorité des traitements et fonctionnalités de matriçage nécessaire pour reproduire un Cybernéphone dans Sound Trajectory préexiste dans le logiciel.

Les efforts à fournir pour recréer un Cybernéphone virtuel consistent à dessiner de nouvelles interfaces fonctionnelles et ergonomiques respectant l'approche originale du Cybernéphone et de ses ancêtres « gmebaphoniques ». Les interfaces seront adaptées pour l'utilisation sur iPad avec Mira, et profiteront d'accès tactile multipoint.

D'autre part la navigation 6dof couplée à la modélisation de la radiation spectrale des enceintes offrira une navigation dans l'espace de la salle de concert virtualisée[425]. Là encore, la majorité des traitements sont d'ores et déjà fonctionnels dans la version 2.5 de Sound Trajectory. La sortie audio pourra être rendue vers tout type de dispositif : de l'écoute binaurale au Dôme ambisonique, en passant par des dispositifs non conventionnels. De plus le logiciel inclut des sorties aux formats standardisés : stéréo, 5.1, 7.1.4 et octophonique - permettant l'usage du logiciel non seulement comme un outil d'interprétation, mais également comme un outil de mixage multi-sortie.

Particularité du réseau V4 (version 1999), perceptions d'élévation

Ce réseau de haut-parleurs filtrés consistait en deux colonnes de quatre Genelec 1031A. Les colonnes culminaient à près de quatre mètres et permettaient de manière simple d'obtenir un sentiment d'élévation lorsqu'elles étaient activées avec des sons balayant le spectre par mouvements de filtrage ascendants ou descendants. Ce type de modélisations virtuelles est simple à reproduire et génère de bons résultats - mêmes avec nos premiers tests binauraux.

[425] BARRETT, N. *op. cit.*

Perspectives

Ce projet est envisagé dans le cadre de concerts réels et pour des ateliers pédagogiques de la Cité de la Musique qui présente dans sa collection la console de diffusion de la deuxième version du Gmebaphone (1975).

Néanmoins la réalisation de ce dispositif a été finalisée au troisième trimestre 2023 (figure 123). Il peut être utilisé dans le cadre de concerts et d'ateliers d'interprétation et de découverte de la musique électroacoustique sous une forme logicielle. Il accompagne la documentation du code source de Sound Trajectory[426] et est distribué gratuitement sous licence GNU v3[427].

Les singularités originelles du Cybernephone (figure 122) pourront ainsi être comparées au projet de virtualisation des acousmoniums par Christine Webster et Natasha Barrett déjà citées. Ces efforts de reproduction se complètent pour offrir une approche élargie de la mise en espace des plans sonores ainsi qu'une meilleure compréhension des processus créatifs que ces solutions ont offert à la diffusion de la musique électroacoustique

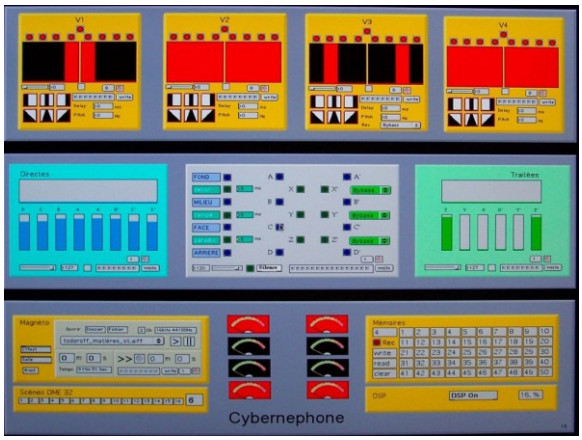


Figure 122 : Interface du Cybernéphone 7, sous Max 4.x vers 2005, source: MISAME

Figure 123 : Interface du Cybernéphone X, destiné à un écran tactile multitouch, 2023. Source : Maxence Mercier.

10.4.3 Distribution sur trajectoire

La version 3 de Sound Trajectory, sortie en décembre 2024, intègre plusieurs nouveautés développées spécifiquement pour le Cybernéphone X et exploitées dans le mixage d'*Umwelt*, à la fois en performance scénique et en post-production. Parmi ces évolutions, il est désormais possible de distribuer les sources d'une piste multicanal le long d'une trajectoire (figure 124).

[426] MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory version 2 », 2023, *dépot Software héritage HAL* ⟨swh:1:dir:baf561e7448d729ef54b94e94d333f4eea6ccac0;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04950075;visit=swh:1:snp:2b673e52ec0ecf5504aed1d2edb65705605eff87;anchor=swh:1:rel:8a95caa40fa24528d3e5350efc715d1cbbf2467a;path=/⟩. ⟨hal-04950075⟩

[427] https://github.com/maxence-mercier/Sound-Trajectory (consulté le 10 juillet 2025)

La version 2 de Sound Trajectory ne permettait de le faire qu'au moyen du module de multi-delay.

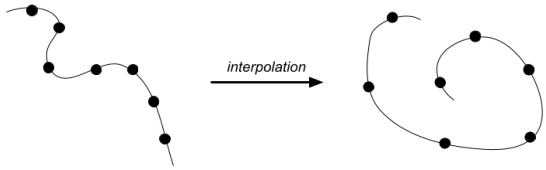


Figure 124 : Distribution de points sources le long d'une trajectoire et principe d'interpolation (ou animation) de la forme de la trajectoire. Source : Maxence Mercier (2025).

Au lieu de déplacer une source unique le long d'une trajectoire, il est désormais possible de répartir plusieurs sources d'une même piste sur différents points de cette trajectoire, elle-même animable par divers procédés (LFO, automation, déclencheurs, etc.).

Dans le cas du *Cybernéphone X*, cette fonctionnalité permet de tracer rapidement dans l'espace les lignes formant les « V » caractéristiques de l'instrument. La différence réside dans le fait qu'un signal d'entrée monophonique est divisé en *N* sources virtuelles, chacune correspondant à une plage de fréquences définie par l'utilisateur.

Une nouvelle page a été ajoutée au module de mappage d'interaction. Elle permet d'activer soit le multidelay (figure 125), soit la fonction appelée *multi-filter* (figure 126), qui correspond à la technique décrite ci-dessus. Un éditeur intégré permet de régler les bandes de fréquences associées, en divisant le spectre en deux à huit bandes. Les paramètres de filtrage peuvent être modifiés finement. Des modules de transposition et de délai permettent de reproduire les comportements spécifiques du Cybernéphone.

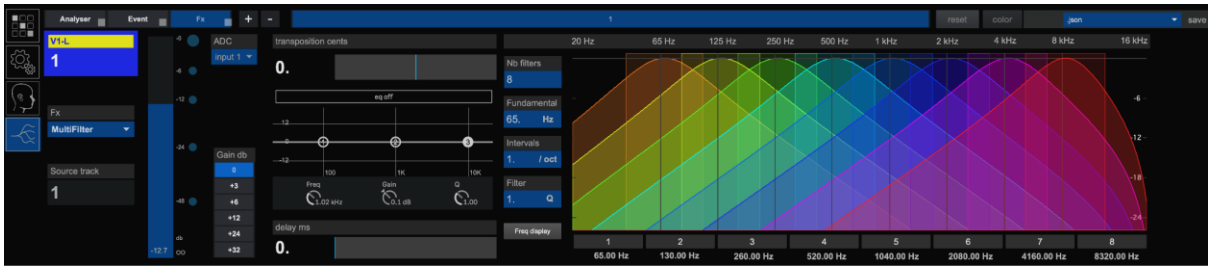


Figure 125 : Module multi-filter qui divise une source monophonique en N bandes de fréquence (ici 8). Source : Maxence Mercier (2025).

L'interface de contrôle du Cybernéphone pilote en réalité un modèle (*template*) constitué de différentes pistes en *multi-filter*, auxquelles s'ajoutent quelques sources traditionnelles : les références pleines bandes propres au Cybernéphone.

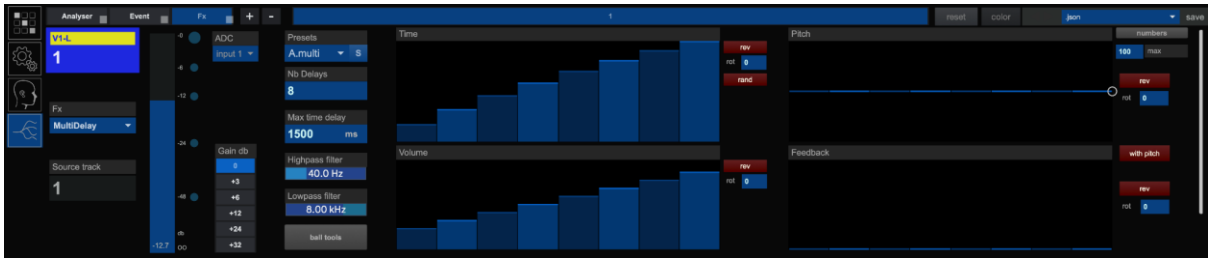


Figure 126 : Module multidelay mis à jour dans la version 3 de Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2025).

Chapitre 11 Pour l'Anthologie du Gmeb/Imeb

11.1 Introduction

Le Groupe de Musique Expérimentale de Bourges (GMEB), devenu en 1994 l'Institut International de Musique Électroacoustique (IMEB) s'est distingué pendant près de quarante années pour son influence internationale et la radicalité de son projet entièrement consacré aux pratiques de la musique électroacoustique.

> Il est important de rappeler en préambule la définition des termes :
>
> – Electroacoustique : appellation générique, définit toute musique utilisant pour sa réalisation et sa diffusion, des moyens technologiques électroacoustiques. Cette appellation ne recouvre aucune qualification d'un style, d'une école ; c'est la diversité des intentions musicales, des méthodes, des techniques compositionnelles, déterminées ou déterminant la pratique des appareils électroniques (sélection et structuration de fonctionnement les uns par rapport aux autres) qui caractérisent les écoles en différents pays.
>
> – L'électroacoustique est la lutherie contemporaine. Musique Expérimentale, de Recherche, d'Ordinateur, logique… sont des méthodes de composition qui peuvent recouvrir pour chaque catégorie des styles musicaux différents[428].
>
> Christian CLOZIER. *Présentation méthodologique du GMEB*, 1974-2022

Fondée en 1970 par les compositeurs Christian Clozier et Françoise Barrière, cette structure a représenté pendant plus de quarante ans un acte pionnier et obstiné de la décentralisation culturelle française[429]. Le GMEB/IMEB était un écosystème, un carrefour mondial où s'entremêlaient de manière indissociable la création, la recherche technologique, l'innovation pédagogique, la diffusion à grande échelle, et l'élaboration théorique.

L'histoire de cette aventure, de sa genèse post-soixante-huitarde à sa disparition en 2011, est aujourd'hui consignée dans le corpus documentaire d'une anthologie de cinquante dossiers[430] thématiques rédigés par Christian Clozier et mis à disposition sur le site de l'association MISAME[431].

---

[428] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.4, Misame, 1974-2022, 13 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-4__28_Présentation_méthodologique_Juin_74_p13.pdf (consulté le 12 août 2025)

[429] CLOZIER, Christian. Histoire par décades, des repères sur la chaîne d'évolution GMEB/IMEB, Anthologie GMEB/IMEB, vol 4.2, Misame, 2024, 105 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/4-2_19_Decades_IMEB_Gmeb_p105.pdf (consulté le 12 août 2025)

[430] ANTHOLOGIE GMEB / IMEB, https://misame.org/anthologie-gmeb-imeb/ (consulté le 12 août 2025)

[431] ASSOCIATION MISAME, (Mnémothèque Internationale des Sciences et Arts en Musique Electroacoustique), https://misame.org (consulté le 12 août 2025)

Je collabore depuis de nombreuses années avec Christian Clozier pour mettre en ligne et maintenir ces documents sur le site de l'association. Mon doctorat a été l'occasion d'approfondir l'exploration de ce fond pour mes propres recherches, et nous a permis de rendre disponibles de nouveaux documents et ressources[432].

Ce fond documentaire est un testament intellectuel et artistique, offrant le regard des principaux protagonistes sur la vie de l'institution. Jusqu'à présent peu explorée par la recherche académique, cette anthologie constitue une source primaire fondamentale. L'analyse que je propose est une tentative de première valorisation scientifique, en accord avec les objectifs de ma recherche doctorale. Ayant été associé à de nombreuses occasions, cette histoire a structuré ma propre expérience sous de multiples formes. Entré en tant qu'assistant au début des années 2000, je finirai par participer au jury des concours des dernières années, après y avoir moi-même participé et obtenu le prix Résidence, qui fut ma première occasion de partir en résidence à l'étranger en 2006 (Denton, University Of North Texas, USA).

Ce chapitre suivra la trajectoire de l'institution en explorant les différentes facettes de son projet global. Nous examinerons d'abord la vision fondatrice et le noyau humain qui ont donné naissance au GMEB, en montrant comment un projet idéologique a pris corps. Nous nous pencherons ensuite sur les piliers matériels de la création : les instruments et les studios, conçus non comme de simples outils mais comme instruments pour l'expression électroacoustique. L'analyse des principes théoriques et musicaux développés à Bourges révélera l'émergence de sa philosophie. Nous cartographierons par la suite le rayonnement international de l'institution, qui a constitué un centre névralgique de la communauté électroacoustique mondiale. Une synthèse chronologique retracera les quatre décennies d'existence du GMEB/IMEB liant les innovations, les événements et les contextes politiques. Enfin, la conclusion portera sur l'héritage de cette aventure et sur l'acte ultime de l'archivage comme stratégie de pérennisation d'une mémoire qui devrait pouvoir rester « active » pour l'avenir.

11.2 La vision fondatrice et le noyau humain

Le Groupe de Musique Expérimentale de Bourges naît d'une impulsion idéologique, portée par une équipe aux compétences définies et complémentaires pour réaliser un projet à la fois esthétique, politique et humain.

11.2.1 Contexte et genèse : un acte politique et esthétique

La création du GMEB en 1970 s'inscrit dans un contexte historique précis. Dans le sillage des événements de Mai 68, le projet de Christian Clozier et Françoise Barrière est une réponse directe et délibérée à un double statu quo : celui du centralisme culturel parisien, et celui d'une

[432] voir le *Cybernéphone X* au chapitre 10 sur *Sound Trajectory*.

musique électroacoustique qui, selon eux, s'enfermait dans des « querelles scientistes » au sein des laboratoires institutionnels[433].

> A Paris et à l'étranger : après les premières années riches en découvertes, de nombreux compositeurs ou studios se livrent à des querelles scientistes du fond de leurs laboratoires, détournant par des palabres stériles et des actions conçues pour un micromilieu déterminé, le riche potentiel de l'électroacoustique, aussi bien pour la pensée musicale, la création, la diffusion que pour l'enseignement. Cette année 70 signifie la fin de la première époque de la Musique Électroacoustique, marquée d'une réelle déflation.

Le GMEB se constitue ainsi comme la « première structure de création musicale électroacoustique en décentralisation culturelle[434] », un acte politique fort qui vise à créer un pôle d'innovation autonome en province.

Au-delà de l'aspect géographique, la fondation du GMEB est portée par une rupture épistémologique. Dans sa présentation méthodologique de 1974, Christian Clozier expose un « projet simple et vaste » qui consiste à inverser le rapport traditionnel entre la théorie et la pratique.[435] Alors que l'ordre musical classique partait de la « langue » (la théorie, le solfège) pour produire la « parole » (la musique), le GMEB propose de partir de la « parole » — la matière sonore elle-même, enregistrée et matérialisée — pour en déduire une nouvelle « langue » musicale. Le son n'est plus un simple « objet » au service d'une idée préexistante ; il devient « sujet », capable de « nourrir, déterminer l'idée musicale[436] ».

Cette vision, qui redonne au matériau sonore sa primauté, est le fondement idéologique sur lequel reposera toute l'activité de l'institution pendant quarante ans[437].

11.2.2 Le noyau : un modèle de collaboration spécialisée

Le succès et la pérennité du GMEB reposent sur la cohésion et la complémentarité d'un « noyau » fondateur[438]. Cette équipe originelle fonctionne comme un organisme où chaque membre assume un rôle essentiel et spécialisé, permettant de couvrir l'ensemble des facettes du projet.

Christian Clozier (né en 1945) est le concepteur et le théoricien du groupe. Violoniste de formation, passé par le GRM, il définit les grands axes du projet. Il est le « concepteur et designer » des instruments emblématiques (Gmebogosse, Gmebaphone), l'auteur des textes théoriques

---

[433] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB, op. cit.*

[434] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*

[435] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, *op. cit.*

[436] *Ibid.*

[437] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades, op. cit.*

[438] CLOZIER, Christian. *Le noyau, F.Barrière P.Boeswillwald C.Clozier A.Savouret*, Anthologie GMEB/IMEB, vol. 6.1, Misame, 2024, 15 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/6-1_36_Bios_NOYAU_15p.pdf (Consulté le 13 août 2025)

fondateurs (« Son et Phone », « Rhétorique sonore ») et l'initiateur d'une stratégie internationale qui aboutira à la création de la Confédération Internationale de Musique Électroacoustique (CIME)[439].

Françoise Barrière (1944-2019) est la co-directrice, compositrice et pianiste. Si Clozier est le concepteur, Barrière est la cheville ouvrière qui assure la réalisation et la gestion de l'édifice. Elle dirige la publication de la revue Faire, gère les éditions discographiques « Mnémosyne Musique Média », et joue un rôle central dans les organisations internationales, devenant présidente de la CIME de 2005 à 2011. Son travail de composition, souvent inspiré de thématiques poétiques ou sociales, constitue une part importante du catalogue de l'institut.

Pierre Boeswillwald (né en 1934) et Alain Savouret (né en 1942) sont les compositeurs associés de la première heure. Ils participent activement à la vie du groupe, notamment à travers l'improvisation au sein d'« Opus N », et enrichissent la réflexion théorique et la production musicale de l'institution par leurs propres démarches[440].

Jean-Claude Le Duc est la figure technique indispensable, le « directeur technique » et l'« ingénieur poly-techniques ». Son rôle est « indissociable de l'histoire et des réalisations du GMEB/IMEB » car il est celui qui a physiquement construit tous les instruments et studios conçus par Clozier, du Gmebogosse 1 au Cybernéphone 7[441].

Cette structure collaborative de l'organisation et des activités du GMEB révèle une interdépendance systémique dépassant la juxtaposition de fonctions. Chaque élément, de la conception instrumentale à la stratégie internationale, semble justifier et renforcer les autres, suggérant que l'institution elle-même fut conçue par ses fondateurs comme une composition, une « œuvre d'art totale » où la structure organisationnelle, les outils technologiques et la production artistique sont les facettes indissociables d'un même projet esthétique et politique.

Le GMEB construisait ses propres outils et maîtrisait toute la chaîne de production, de l'idée (Clozier) à la réalisation (Le Duc). Cette autonomie technologique était la condition fondamentale de leur liberté artistique et politique, leur permettant de développer des instruments uniques qui incarnent leur philosophie, sans compromis avec des standards industriels ou institutionnels externes.

Le tableau 10 présente les figures clés de l'organigramme du GMEB et de l'IMEB depuis l'origine du centre.

---

[439] Confédération Internationale de Musique Électroacoustique (CIME). « La Confédération Internationale de Musique Électroacoustique ». 22 mai 2013. https://www.cime-icem.net/cime/ (consulté le 13 août 2025)

[440] CLOZIER, Christian. *Le noyau, op. cit.*

[441] *Ibid.*

Rôles	Noms	Contributions Principales
Direction	Christian Clozier, Françoise Barrière	Conception globale, direction artistique et stratégique, composition, théorie, développement international, éditions.
Direction Technique	Jean-Claude Le Duc	Construction de tous les studios (Charybde, etc.) et instruments (Gmebogosse, Gmebaphone).
Compositeurs du Noyau	Pierre Boeswillwald, Alain Savouret	Composition, recherche, improvisation (Opus N), enseignement.
Collège de Compositeurs Associés	J. Appleton, J-M. Berenguer, G. Bennett, Y. Daoust, G. Katzer, H. Vaggione, etc.	Créations régulières, participation à la vie de l'institut, relais internationaux.
Équipe Pédagogique et Animation	Gérard Fouquet, Roger Cochini, Philippe Ménard, Pierre Rochefort, etc.	Mise en œuvre de la pédagogie Gmebogosse, animations scolaires, actions locales.
Atelier de Recherche (A.R.T.A.M.)	J-C. Le Duc, C. Clozier, P. Boeswillwald, puis F. Giraudon, etc.	Étude, test et réalisation des prototypes et instruments.

Tableau 10 : Les figures clés de l'écosystème GMEB/IMEB. Source : Maxence Mercier (2025), d'après l'Anthologie GMEB/IMEB

11.2.3 Le projet intégré : théorie, pratique et diffusion

La vision holistique du GMEB est clairement exposée dès 1974 : « l'avant (prise de son), le pendant (réalisation) et l'après (diffusion) » ne sont pas des moments distincts et indépendants de la composition, mais forment un « ensemble » où chaque étape nourrit les autres[442] dans une « interaction constante » entre les pôles de création, de recherche, de diffusion et de formation[443].

Ce principe d'intégration est la clé de voûte de l'architecture institutionnelle du GMEB/IMEB. La création musicale en studio n'est pas une fin en soi ; elle appelle la conception d'un instrument de diffusion (le Gmebaphone) pour être partagée en concert. La réflexion sur l'accès à la création pour tous mène à l'invention d'un outil pédagogique (le Gmebogosse). La nécessité de confronter les œuvres et les idées génère le Festival et le Concours. Rien n'est isolé ; tout est interconnecté au sein d'une « hélice spécifique[444] » qui propulse le projet pendant quarante ans.

[442] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, *op. cit.*

[443] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique en création, recherche, diffusion*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.5, Misame, 2021, 17 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-5_29_Projet_musical_et_ideologique_p17.pdf Consulté le 13 août 2025.

[444] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*.

11.3 Instruments et studios

Au-delà de ses publications théoriques, la philosophie du GMEB/IMEB s'est incarnée dans des outils de création et de diffusion uniques au monde. Conçus comme des extensions de la pensée musicale, les studios et les instruments de Bourges sont les manifestes concrets de son projet.

11.3.1 Le studio-instrument : l'écosystème Charybde

Le studio principal de l'IMEB, baptisé Charybde, est envisagé comme un instrument de composition. Son développement, qui s'étend de 1971 à 2010, est une histoire en soi, méticuleusement tracée dans les chronologies de l'anthologie[445]. Parti d'une configuration purement analogique en 1971, Charybde évolue dès 1980 pour devenir une structure « hybride et interconnectée analogique/numérique », le studio conservant tous ses équipements jusqu'à la fermeture de l'institut[446], accumulant toutes les strates technologiques sur près de de 40 ans. Cette évolution constante démontre une volonté d'intégrer les nouvelles technologies sans renier les principes fondateurs, les bancs de Revox côtoyant les stations audionumériques, le synthétiseur modulaire et les racks emblématiques d'effets analogiques et numériques. L'agencement de tous ces équipements constituait un seul instrument en un même lieu.

L'intense activité de recherche et développement qui entoure le studio est documentée par plusieurs dossiers de l'anthologie, tels que « Recherche et développement du studio Charybde 1970-2010[447] », « Les projets Circé et Ulysse 1982-1989[448] » ou encore le massif « Compendium sur le Studio Charybde[449] » de 730 pages. Ces documents proposent une documentation exhaustive sur les différentes phases de développement et de recherche. La reconnaissance de son importance historique est consacrée par son dépôt final, dans sa configuration analogique, au Musée Charles Cros de la Bibliothèque nationale de France (BnF)[450].

---

[445] CLOZIER, Christian. *Éphémérides du Gmeb/Imeb, bilan et diachronie*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 4.3, Misame, 2011, 21 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/4-3_20_Ephémérides_GMEB-IMEB_p21.pdf (consulté le 13 août 2025)

[446] CLOZIER, Christian. *Le noyau*, *op. cit.*

[447] CLOZIER, Christian. « Recherche et développement du studio Charybde 1970-2010 », vol 3.2, Misame, 2024, 130 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-2_16_Le_studio_charybde_RD_p130.pdf (consulté le 13 août 2025)

[448] CLOZIER, Christian. « Les projets Circé et Ulysse 1982-1990 », vol 3.3, Misame, 2023, 170 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-3_17__Les_projets_Circ%C3%A9_Ulysse_p170.pdf (consulté le 13 août 2025)

[449] CLOZIER, Christian. « Compendium n°7, propos sur le Studio Charybde, instrument de composition », vol 7.7, Misame, 2023, 730 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/7-7_48_Dos7_Studio_p730.pdf (consulté le 13 août 2025)

[450] BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE, (BnF). « Fonds de l'Institut International de Musique Electroacoustique de Bourges (IMEB) - Fonds Françoise Barrière et Christian Clozier. 1970-2011 ». *Archives et manuscrits*. https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc944176 (consulté le 13 août 2025)

Cinq studios au total seront créés et développés, chacun avec une fonction spécifique : « Charybde » et « Circé » pour la création, « Scylla » pour la formation et le mastering, « Thésée » pour l'audiovisuel, et « Marco Polo » pour la pratique amateur[451].

11.3.2 Pédagogie, du Gmebogosse au Cybersongosse (1972-2008)

Le Gmebogosse est l'une des créations emblématiques du GMEB. C'est un projet pédagogique total décrit comme un « dispositif de manipulation[452] » et un « studio électroacoustique miniature pour enfants[453] ». Il a pour but de rendre la création sonore accessible à tous, dès le plus jeune âge. Son principe de base est la pratique collective : les enfants, par groupes de quatre, apprennent à écouter, manipuler, enregistrer et composer ensemble.

Son histoire est celle d'une adaptation technologique constante à travers sept modèles principaux, de 1972 à 2008[454] :

Les débuts analogiques (1972-1977) : Les premiers modèles (Gmebogosse 1, 2 et 3) sont basés sur des magnétophones à cassettes, le « support d'enregistrement démocratique de l'époque ». Chaque poste de jeu comprend un micro, des lecteurs de cassettes, des potentiomètres, des variateurs de vitesse et des filtres simples.

Le tournant informatique (1985-1989) : Un prototype (Gmebogosse 4) contrôlé par un micro-ordinateur Thomson TO7[455] est développé en 1985, mais ne sera pas produit en série — faute de financements et du déclin probable de cet ordinateur. Une nouvelle version, le modèle 4M, est construite en vingt exemplaires en 1988-89.

L'ère numérique (1999-2008) : L'instrument est rebaptisé. Le Cybersongosse 5M (1999) intègre des MiniDiscs et des traitements numériques. Le 6M (2001) passe au tout numérique sur ordinateur. Enfin, la série 7MI (2003-2008) tire parti de la puissance des ordinateurs portables pour offrir un outil de création complet et mobile.

Au cœur du projet se trouve la « technique expérimentale de pédagogie musicale », un corpus de plus de 300 jeux sonores et musicaux conçus par l'équipe pédagogique du groupe. Ces jeux, classés par niveaux et par types, visent à développer l'écoute, la mémoire, l'analyse des paramètres du son, et la structuration d'un projet créatif collectif. De nombreux témoignages de pédagogues, d'inspecteurs de l'Éducation Nationale et d'artistes, attestent de l'impact profond et durable de cette pratique, qui a initié des milliers d'enfants en France et à l'étranger pendant

---

[451] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*, *op. cit.*

[452] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, *op. cit.*

[453] CLOZIER, Christian. *Récit du Gmebogosse et de sa pédagogie, ce qu'on en dit et ce qui fut médit*, Anthologie GMEB/IMEB, vol. 1.4, 75 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/1-4_4_Récit_sur_le_GmebOgOsse_p75.pdf (consulté le 13 août 2025)

[454] *Ibid.*

[455] L'ordinateur TO7 équipait de nombreuses écoles après un plan d'investissements massif du ministère de l'Education Nationale entre 1980 et 1986

près de 40 ans. Les dossiers 1.1 à 1.8 et 7.8 de l'anthologie constituent la documentation la plus complète jamais rassemblée sur cet instrument et sa pédagogie.

11.3.3 L'instrument de diffusion en concert, du Gmebaphone au Cybernéphone (1973-2005)

Le Gmebaphone (déjà présenté au chapitre précédent) a transformé la pratique du concert de musique électroacoustique. Né d'un besoin compositionnel — diffuser la polyphonie complexe créée dans le studio Charybde — il est conçu par Christian Clozier comme le « premier instrument/instrumentarium électroacoustique de diffusion musicale[456] ». Son concept clé est celui de la « diffusion-interprétation » : le compositeur n'est plus un simple opérateur qui appuie sur « play », il est un interprète qui « joue » sa musique en direct sur un ensemble de haut-parleurs, depuis une console conçue comme un instrument de musique[457].

Le principe technique fondamental du Gmebaphone est la division spectrale du son. Le signal stéréo de l'œuvre est analysé et réparti sur différents « registres » de fréquences (du sous-grave au suraigu), chaque registre étant adressé à des haut-parleurs spécialisés. Cette « orchestration » des timbres dans l'espace est organisée scéniquement par une disposition en « V », avec les graves au fond de la scène et les aigus à l'avant, créant un effet de perspective sonore. L'objectif n'est pas de localiser chaque haut-parleur, mais de créer une « synthèse de tous en un ensemble sonore organique mis en espace[458] ».

Comme le Gmebogosse, le Gmebaphone a connu une évolution constante en sept modèles, de 1973 à 2005, passant de l'analogique au numérique — et changeant de nom en 1997 pour devenir le Cybernéphone[459].

Les instruments du GMEB sont des manifestes. Le Gmebaphone, avec sa spatialisation spectrale en V, est la mise en pratique d'un « mouvement de temps coloré qui développe son espace[460] ». Il invite l'interprète et l'auditeur à une écoute analytique et spatiale. Le Gmebogosse, avec ses quatre postes de jeu collectif, incarne un idéal pédagogique de « compétence partagée et de dynamique de réseau[461] ».

Le tableau 11 présente les évolutions chronologiques des instruments developpés au GMEB et à l'IMEB entre 1972 et 2008.

---

[456] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, *op. cit.*

[457] CLOZIER, Christian. *Pour situer la diachronie et les correspondances,* Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.5, Misame, 2021, 29 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-5_13_Pour_Situer_%2BBr%C3%A8ve_p29.pdf (consulté le 13 août 2025)

[458] *Ibid.*

[459] CLOZIER, Christian. *Éphémérides GMEB / IMEB*, *op. cit.*

[460] CLOZIER, Christian. *De la composition-diffusion-interprétation en musique électroacoustique notamment sur/avec le Gmebaphone,* Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.2, Misame, 2024, 50 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-2_10_Comp_dif_interp_50.pdf (consulté le 11 août 2025)

[461] CLOZIER, Christian. Récit du Gmebogosse et de sa pédagogie, *op. cit.*

Instruments	Années	Modèles	Caractéristiques
Gmebogosse Cybersongosse	1972	Gmebogosse 1	Analogique, 4 pistes de mixage, magnétophones à cassettes, filtres, variateur de vitesse.
	1974	Gmebogosse 2	Variation du premier modèle.
	1977	Gmebogosse 3	Construit en 10 exemplaires réseaux d'utilisateurs.
	1985	Proto 4M (TO7)	Prototype contrôlé par micro-ordinateur Thomson TO7, non produit en série.
	1988	Gmebogosse 4M	Nouvelle version produite en 20 exemplaires.
	1999	Cybersongosse 5M	Intégration de MiniDiscs, traitements numériques, spatialisation 4 canaux.
	2001	Cybersongosse 6M	Passage au tout numérique, contrôle par ordinateur (Mac), jeux sur nouveaux supports.
	2003-08	Cyberson-gosse 7MI/7 Mib	Station de travail audionumérique complète, pilotée par ordinateur portable.
Gmebaphone Cybernéphone	1973	Gmebaphone 1	Concept de « diffusion-interprétation », 12 registres spectraux, 27 haut-parleurs, console dédiée.
	1975	Gmebaphone 2	Console ergonomique concave, 20 tirettes, circuits optoélectroniques (visible au Musée de la Musique).
	1979	Gmebaphone 3	Contrôle hybride digital-analogique, touches capacitives, matrice de distribution Z80.
	1990	Gmebaphone 4 « Ulysse »	Projet « total recall » sur PC, non transportable.
	1992	Gmebaphone 5	Premier modèle MIDI, pilotage par ordinateur, tablette graphique, synchronisation SMPTE.
	1997	Cybernéphone 6a	Changement de nom, console numérique, 72 haut-parleurs contrôlés, 6 réseaux indépendants.
	2005	Cybernéphone 7	Console MIDI compacte, contrôle principal via tablette graphique, traitements numériques temps réel.

Tableau 11 : Évolution chronologique des instruments GMEB/IMEB (1972-2008). Source : Maxence Mercier (2025), d'après l'Anthologie GMEB/IMEB

La controverse de l'Acousmonium : antériorité et plagiat

L'histoire du Gmebaphone est indissociable d'une controverse majeure avec le GRM parisien et son système de diffusion, l'Acousmonium[462]. Un document entier de l'anthologie, rédigé par Christian Clozier, est consacré à « acter les usurpations, contrefaçons et falsifications historiques ». Cette analyse se doit de restituer fidèlement l'argumentaire développé, qui constitue une pièce maîtresse de l'historisation du GMEB par Christian Clozier.

Son argumentation repose sur quatre points principaux :

L'antériorité factuelle : Le Gmebaphone est inauguré le 5 juin 1973 lors du Festival de Bourges, en présence de François Bayle, alors directeur du GRM. L'Acousmonium, conçu par Bayle, est inauguré huit mois plus tard, le 12 février 1974. Cette chronologie est un fait avéré et constitue le pilier de la revendication.

La filiation conceptuelle et le plagiat : Clozier soutient que l'Acousmonium est un plagiat du Gmebaphone. Il cite pour preuve une description de l'Acousmonium par Bayle lui-même en 1976, où ce dernier emploie les concepts mêmes du Gmebaphone : « construire une série de registres de couleurs », avec des « étages de registres » (grave, médium, aigu) et une « référence à l'image normale » (qui correspond aux haut-parleurs « Références » non filtrés du Gmebaphone).

La contradiction technique : Pour se démarquer, Bayle revendique a posteriori une différence fondamentale : le refus d'utiliser des filtres pour séparer les registres, préférant se fier aux « timbres spécifiques des haut-parleurs ». Clozier réfute cet argument car il est techniquement impossible d'adresser des bandes de fréquences spécifiques à des haut-parleurs spécialisés sans filtrer le signal en amont. Il affirme d'ailleurs avoir personnellement constaté la présence de « tous les filtres des studios du GRM connectés » au dispositif de diffusion lors du concert de l'acousmonium en 1974.

La falsification historique : L'accusation la plus grave porte sur une tentative délibérée de « travestir la chronicité ». Clozier pointe une photo de l'Acousmonium, imprimée sur la pochette d'un disque de Bayle en 1978, qui est « résolument anti-datée à février 1973 », dans le but de s'arroger une antériorité par rapport au Gmebaphone de juin 1973.

Pour Clozier, ce conflit dépasse la simple querelle technique pour devenir une bataille pour la légitimité historique et le contrôle du récit de l'innovation en musique électroacoustique en France. En documentant méticuleusement les faits, Clozier ne cherche pas seulement à prouver un plagiat ; il conteste la position hégémonique du GRM sous la direction de Bayle. Le conflit sur les instruments est une métonymie de la lutte idéologique plus large : la province contre

[462] CLOZIER, Christian. Pour situer la diachronie, *op. cit.*

Paris, l'initiative indépendante contre l'institution d'État. Le rejet par Clozier du terme « acousmatique » comme une manœuvre sémantique[463] visant à supplanter le terme « électroacoustique » est l'apogée de cette confrontation pour la définition même du champ artistique[464].

11.4 Principes théoriques et musicaux

11.4.1 Prédicat pour la musique électroacoustique : une nouvelle langue

Le titre même du premier dossier théorique de l'anthologie, « Prédicat pour la Musique Électroacoustique, défense et illustration[465] », est un acte fondateur. La référence directe au manifeste de Joachim du Bellay pour la langue française n'est pas anodine[466]. Elle positionne d'emblée la musique électroacoustique non comme un simple genre ou une technique, mais comme une nouvelle langue musicale à part entière. Cette langue, pour exister et s'épanouir, nécessite sa propre grammaire et rhétorique, que les théoriciens de Bourges s'attacheront à définir notamment à travers les actes de l'Académie de Bourges. Cette posture intellectuelle, affirmée dès les premières années, fournit le cadre conceptuel qui sous-tend toute la production théorique et artistique du GMEB[467].

11.4.2 « Son et Phone » : le double statut du sujet sonore

Au cœur de la pensée développée à Bourges se trouve le concept de « Son et Phone », exposé en détail dans le document éponyme[468]. Christian Clozier y établit une distinction ontologique fondamentale pour légitimer la pratique électroacoustique :

Le Sonum est le son acoustique traditionnel, un phénomène vibratoire éphémère, indissociable de sa cause visible et de l'instant de sa production. Il est volatile, sans matière propre, et ne peut être saisi que par l'oreille.

Le Phone est l'entité sonore électroacoustique. Grâce à l'enregistrement, le son est capturé, matérialisé sur un support, et acquiert une existence propre, indépendante de son moment de production. Il devient une « entité en soi », un « phone », qui peut être conservé, manipulé, traité, monté. Il passe du statut d'événement fugace à celui de « sujet sonore » agissant.

---

[463] *Ibid.*

[464] CLOZIER, Christian. *Son et Phone, l'entité sujet sonore électroacoustique, son double statut*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.2, Misame, 2022, 40 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-2_26_Son_Phone_p40.pdf (consulté le 13 août 2025)

[465] CLOZIER, Christian. *Prédicat pour la Musique Électroacoustique, défense et illustration*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.1, Misame, 2022, 176 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-1_25_Prédicat_pour_la_ME_p176.pdf (Consulté le 13 août 2025)

[466] DU BELLAY, Joachim. *La Défense et Illustration de la langue française*, BNF, 1549, 240 p. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k166650v.pdf (Consulté le 30 sptembre 2025)

[467] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, *op. cit.*

[468] CLOZIER, Christian. *Son et Phone*, *op. cit.*

En théorisant le « phone » comme une matière tangible et manipulable, Clozier justifie la légitimité des opérations de studio (montage, filtrage, mixage) comme les actes de composition d'une nouvelle « écriture » qui ne sont plus à considérer comme des altérations d'un son « naturel ». Cette écriture n'est pas visuelle (comme une partition), mais une « inscription » sur un support, une « trace » mémorielle dont l'interprétation par un réseau de haut-parleurs, constitue l'œuvre elle-même.

11.4.3 Vers une rhétorique sonore électroacoustique

Si la musique électroacoustique est une nouvelle langue, elle doit posséder sa propre rhétorique. Le document « Vers et pour une rhétorique sonore électroacoustique[469] » formalise ce projet en transposant de manière systématique les outils de la rhétorique classique au domaine de la composition sonore. Cette démarche vise à transformer ce qui pourrait être perçu comme une « cuisine » de studio empirique en un langage articulé et analysable. Clozier propose des répertoires de figures classées selon leur fonction[470] :

- Figures de montage (Métaplasmes) : Ces figures décrivent les opérations de base sur la matière sonore. On y trouve par exemple l'apocope (couper la fin d'un son), l'aphérèse (couper le début), l'épizeuxe (la répétition en boucle) ou encore l'antimétabole (l'inversion de la lecture du son).
- Figures de construction : Elles organisent les relations entre les sons. On y retrouve des classiques comme l'antithèse (opposition de deux éléments), l'oxymore (couplage de deux éléments contradictoires), le chiasme (enchaînement en miroir AB/BA) ou la gradation (montée en tension).
- Tropes (figures d'identification) : Ils décrivent la nature de la relation entre le son et ce qu'il évoque. Clozier identifie la synecdoque (la partie pour le tout, type principal en électroacoustique concrète), la métonymie (la cause pour l'effet, type principal en électronique de synthèse) et la métaphore (relation d'analogie) comme les trois tropes fondamentaux.

Ce système rhétorique n'est pas un carcan normatif, mais une « boîte à outils » heuristique. Il offre aux compositeurs un vocabulaire pour penser leurs actions et aux auditeurs une grille d'analyse pour comprendre la structure du discours musical.

Les travaux théoriques du Groupe de Musique Expérimentale de Bourges (GMEB) s'appuient sur une pratique prolongée qui a traversé les mutations technologiques et esthétiques de la seconde moitié du XXe siècle. La théorie du *Son et Phone*[471] formalise l'acte d'enregistrement et

[469] CLOZIER, Christian. Vers et pour une rhétorique sonore électroacoustique », Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.3, Misame, 2023, 16 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-3_27_Vers_une_Rhéto_p16.pdf (consulté le 13 août 2025)

[470] *Ibid.*

[471] CLOZIER, Christian. *Son et Phone, op. cit.*

de manipulation de la bande magnétique, tandis que la *rhétorique Sonore*[472] propose une classification des gestes de montage et de traitement — filtrage, transposition, inversion, montage par coupe — utilisés quotidiennement dans les studios analogiques.

Cette interaction entre pratique et théorie repose sur un mouvement de rétroaction constante : l'expérimentation génère de nouvelles questions et techniques que la réflexion théorique organise et structure ; cette formalisation, en retour, sert de cadre pour guider et enrichir les pratiques futures.

C'est cette boucle dynamique, comparable aux modèles de rétroaction en cybernétique, qui fonde l'approche expérimentale du GMEB et lui confère le statut d'école de pensée : un lieu où la recherche artistique et la réflexion méthodologique s'enrichissent mutuellement, donnant naissance à des outils et concepts toujours réinvestis dans la création.

11.5 Un carrefour international — diffusion et influence

Le GMEB/IMEB n'a pas attendu que le monde vienne à lui ; il a délibérément et méthodiquement construit son influence pour se positionner comme un centre névralgique de la communauté électroacoustique mondiale. Cette stratégie internationaliste, qualifiée de « conviction ardente[473] », était à la fois un principe philosophique et une manœuvre politique essentielle pour assurer sa légitimité et sa pérennité.

11.5.1 Les pôles d'attraction : festival « Synthèse » et concours de Bourges

Les deux piliers de cette stratégie de rayonnement international étaient le Festival annuel « Synthèse » et le Concours International de Bourges.

Le Festival « Synthèse » (39 éditions, 1971-2009) : Plus qu'une simple série de concerts, le festival était un lieu de « rencontre et de confrontation esthétique ». Sa programmation, radicalement pluraliste, incluait non seulement la musique électroacoustique sous toutes ses formes, mais aussi la musique instrumentale contemporaine, la poésie sonore, le cinéma expérimental, la danse et les installations[474]. Les chiffres témoignent de son ampleur : sur 39 éditions, le festival a présenté 6 637 œuvres de 2 207 compositeurs de 62 pays[475]. Il fonctionnait comme un creuset où les nouvelles tendances étaient présentées et débattues, attirant chaque année une centaine de professionnels du monde entier[476].

---

[472] CLOZIER, Christian. *Vers et pour une rhétorique sonore*, *op. cit.*

[473] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*

[474] CLOZIER, Christian. *L'internationale IMEB de la création musicale*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 6.5, Misame, 2023, 15 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/6-5_51_Internationale_de_la_création_musicale_p12.pdf (consulté le 13 août 2025)

[475] *Ibid.*

[476] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique, op. cit.*

Le Concours International de Bourges (36 éditions, 1973-2009) : Le concours était un outil de découverte, de promotion et de légitimation pour des générations de compositeurs. Son système de catégories évolutives (Quadrivium, Trivium, Résidence, etc...) cherchait à refléter la diversité des esthétiques[477]. Son jury, composé de personnalités internationales, et surtout son réseau de diffusion, qui comptait jusqu'à 77 organismes de radio dans 26 pays, assuraient aux lauréats une visibilité mondiale sans équivalent. En 36 ans, 519 compositeurs de 47 pays ont été primés, faisant du Concours de Bourges une référence incontournable[478].

11.5.2 Tisser le réseau : JEIME, CIME, TIME et l'Académie

Le GMEB n'a pas seulement attiré la communauté internationale : il a participé à l'organiser et l'a structurée à travers une série d'initiatives, toutes conçues pour renforcer la solidarité et les échanges au-delà des frontières[479].

JEIME (Journées d'Étude Internationale des Musiques Expérimentales, 1974) : Créées pour la réflexion théorique et l'échange sur les aspects esthétiques, techniques et politiques du champ musical.

CIME (Circuit International de Musique Électroacoustique, 1977) : Un réseau pionnier pour la circulation de programmes de concerts entre différents pays, un acte de « diffusion solidaire » à une époque où les communications étaient difficiles.

CIME (Confédération Internationale de Musique Électroacoustique, 1981) : Évolution du Circuit, la Confédération devient l'organisation représentative de la musique électroacoustique au niveau mondial. Son admission comme 18ème Organisation Internationale Membre du Conseil International de la Musique (CIM) de l'UNESCO en 1983 est une victoire politique majeure, qui confère une légitimité institutionnelle internationale au GMEB et à ses partenaires.

TIME (Tribune Internationale de Musique Électroacoustique, 1984) : Créée en partenariat avec le CIM-UNESCO, cette tribune biennale, avec son jury de producteurs radio, visait à garantir une diffusion radiophonique maximale aux œuvres sélectionnées, palliant ainsi le manque de visibilité de l'électroacoustique dans les circuits traditionnels.

L'Académie Internationale de Musique Électroacoustique (1995) : Ce cénacle, réunissant 24 membres de 14 pays, fut créé pour approfondir le débat esthétique et théorique, et pour transmettre l'histoire et le savoir du domaine. Ses travaux étaient publiés chaque année dans des volumes bilingues[480].

Cette construction méthodique d'un réseau international était une manœuvre stratégique pour contourner l'hégémonie des institutions parisiennes. En créant un pôle de légitimité mondial

---

[477] CLOZIER, Christian. *Le noyau, op. cit.*

[478] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*, *op. cit.*

[479] CLOZIER, Christian. *L'Internationale de la création musicale*, *op. cit.*

[480] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique, op. cit.*

centré sur Bourges, reconnu par des centaines de compositeurs, des dizaines de fédérations nationales et l'UNESCO, le GMEB rendait l'avis des instances nationales moins déterminant, s'assurant ainsi une autonomie et un rayonnement uniques.

Le tableau 12 présente la chronologie des initiatives internationales entre 1971 et 1995.

Année de création	Initiative	Objectif principal
1971	Festival International Synthèse	Diffusion, rencontre et confrontation esthétique internationale à Bourges.
1973	Concours International de Bourges	Découverte, promotion et légitimation de compositeurs du monde entier.
1974	JEIME (Journées d'Étude)	Plateforme de réflexions théorique, technique et politique.
1977	CIME (Circuit International)	Réseau de diffusion solidaire et d'échange de programmes de concerts.
1981	CIME (Confédération Internationale)	Structuration politique du champ, représentation auprès de l'UNESCO.
1984	TIME (Tribune Internationale)	Promotion de la diffusion radiophonique des œuvres électroacoustiques.
1995	Académie Internationale	Groupe de réflexion esthétique et de transmission historique de haut niveau.

Tableau 12 : Tableau chronologique des initiatives internationales (1971-1995). Source : Maxence Mercier (2025), d'après l'Anthologie GMEB/IMEB

11.5.3 La mémoire imprimée et gravée : éditions et archives

Pour pérenniser les œuvres et les idées qui circulaient à Bourges, l'IMEB a mené une politique éditoriale particulièrement active. La revue Faire (4 numéros entre 1973 et 1980) et les huit volumes des Actes de l'Académie (1998-2008) ont servi de support à la diffusion de la pensée théorique[481]. Sur le plan phonographique, les deux collections de disques compacts gérées par Françoise Barrière via « Mnémosyne Musique Média » constitue une archive sonore caractéristique de la production de musique électroacoustique à travers le monde de 1970 à 2070 : la collection « Cultures Électroniques » (40 CD) était consacrée aux lauréats des Concours, tandis que la collection « Chrysopée Électronique » (43 CD) publiait les œuvres commandées et réalisées dans les studios de l'Institut[482]. Cette volonté précoce et constante de documenter, publier et archiver, préfigure le souci final de la sauvegarde totale du patrimoine de l'institution.

11.6 Synthèse chronologique (1970-2011)

Les quarante et une années d'existence du GMEB/IMEB peuvent être lues comme une trajectoire cohérente, marquée par des phases de fondation, d'expansion, de maturité et, finalement,

[481] BNF, *op. cit.*

[482] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*, *op. cit.*

de crise. Les documents chronologiques de l'anthologie[483] [484] [485] permettent de tisser un récit synthétique qui lie les innovations techniques, les événements artistiques et les contextes politiques.

1970—1979 : La décennie fondatrice. Cette période est celle de l'effervescence et des innovations radicales. Le GMEB est créé en 1970. Le studio Charybde est mis en place (1971), suivi immédiatement par les deux créations les plus emblématiques : le Gmebogosse (1972) et le Gmebaphone (1973). Parallèlement, les outils du rayonnement international sont lancés : le Festival devient international en 1972, le Concours est créé en 1973, suivi par les JEIME en 1974 et le Circuit CIME en 1977. C'est une décennie d'une densité créative exceptionnelle où tous les piliers de l'institution sont mis en place.

1980—1989 : La décennie de l'expansion et de la reconnaissance. Le GMEB aborde le tournant numérique avec l'intégration de la technologie PCM et des ordinateurs (Apple II) dès 1981-82. Les studios se développent avec la création du studio Circé (1983) et le projet de console automatisée Ulysse (1986). C'est aussi la décennie de la consécration internationale : la CIME devient Organisation Membre de l'UNESCO en 1983, et la Tribune TIME est fondée en 1984. L'institut organise de grands spectacles multimédias en plein air (Chambord, Versailles, Venise) qui inspireront bien d'autres artistes, les mêmes équipes techniques travailleront ensuite pour les premiers concerts monumentaux de Jean-Michel Jarre.

1990—1999 : La décennie de la maturité et de la consolidation. L'institution change de nom pour devenir l'IMEB en 1994 et obtient la labellisation « Centre National de Création Musicale » (CNCM) par le Ministère de la Culture en 1997.[486] Cette reconnaissance institutionnelle coïncide avec une nouvelle phase de développement technologique : les instruments deviennent « Cyber ». Le Cybernéphone (1997) et le Cybersongosse (1999) marquent le passage à des systèmes entièrement numériques et informatisés.[487] Sur le plan intellectuel, l'Académie Internationale est créée en 1995, consolidant le rôle de Bourges comme centre de réflexion théorique.

2000—2011 : La décennie finale — apogée et crise fatale. Les premières années de la décennie voient l'activité atteindre son apogée, avec le développement des dernières versions des instruments et un rayonnement international maximal attesté par la quantité d'œuvres reçues aux concours. Cependant, les contraintes budgétaires s'accumulent. Le document « Éphémérides » et les titres des dossiers de l'anthologie (« Crise-parcours de la liquidation-destruction », « Récit d'une disparition annoncée », « Sur la destruction du Gmeb/Imeb ») témoignent d'un conflit

[483] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*

[484] CLOZIER, Christian. *Éphémérides GMEB / IMEB*, *op. cit.*

[485] CLOZIER, Christian. *Déroulé chronologique*, *op. cit.*

[486] CLOZIER, Christian. *Éphémérides GMEB / IMEB*, *op. cit.*

[487] *Ibid.*

de plus en plus ouvert avec les tutelles, notamment la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) du Centre. Dès 2008, les subventions sont réduites. En 2010, le Ministère et la DRAC interdisent à l'IMEB d'organiser son concours. Malgré une pétition de soutien international réunissant plus de 2400 signatures de 63 pays, la décision est maintenue. L'IMEB est contraint à la liquidation et cesse définitivement ses activités le 30 juin 2011.

L'histoire du GMEB/IMEB est ainsi indissociable de la politique culturelle française et de ses aléas. Né du mouvement de décentralisation, il a été soutenu financièrement pendant des décennies par l'État et les collectivités locales, ce qui a permis son essor exceptionnel. Mais cette dépendance qui fut la condition de sa puissance, s'est avérée être son talon d'Achille. Lorsque le soutien politique a cessé, l'édifice, malgré son prestige international, s'est effondré. L'histoire du GMEB/IMEB est donc une étude de cas exemplaire de la force et de la précarité du modèle culturel français.

Les transformations actuelles de ce modèle exercent une pression accrue sur les institutions culturelles, toutes désormais contraintes de démontrer des capacités d'adaptation rapides. Il leur est demandé de maintenir une agilité organisationnelle constante : nouer des alliances avec des mécènes engagés, reconfigurer leurs liens avec le public, et ajuster leurs programmations en fonction de critères d'acceptabilité élargis. Dans ce contexte, la radicalité artistique ne peut plus se déployer sans considération des contraintes structurelles, au risque de compromettre la pérennité même de l'institution, appelée à trouver par elle-même ses moyens de subsistance essentiels.

11.7 L'héritage du GMEB/IMEB, une mémoire d'avenir

Malgré sa disparition institutionnelle, l'héritage du GMEB/IMEB est immense et protéiforme. Pendant quarante ans, l'institut de Bourges a été bien plus qu'un studio : un modèle intégré de création, de recherche et de diffusion ; un laboratoire d'instruments-concepts qui ont marqué l'histoire de la lutherie électronique (Gmebogosse, Gmebaphone) ; un foyer de pensée théorique original (le « Son et Phone », la « rhétorique sonore ») ; et un fédérateur infatigable de la communauté musicale internationale.

Face à sa « destruction » programmée, le dernier « geste » de Christian Clozier et Françoise Barrière fut un acte de mémoire stratégique et monumental. La création de l'association MISAME (Mnémothèque Internationale des Sciences et Arts en Musique Électroacoustique) et le dépôt systématique de l'intégralité des archives de l'institution à la Bibliothèque nationale de France a été une démarche active et consciente pour écrire leur propre histoire et pour contrôler le récit de leur héritage.

La numérisation de 68 000 photographies, le dépôt des instruments emblématiques dans les collections nationales (Musée de la Musique, Musée Charles Cros), la compilation de

6612 œuvres musicales, et surtout la rédaction de cette anthologie de cinquante dossiers constituent un argumentaire structuré[488], une source primaire incontournable[489].

L'archive est le dernier chapitre de l'œuvre GMEB/IMEB, un acte de création qui vise à assurer la pérennité non seulement des objets, mais aussi du sens et de la perspective de toute une vie de travail. Ce « vaste chant mémorial[490] » est désormais ouvert, offrant une matière d'une richesse exceptionnelle pour la recherche musicologique et la création à venir, et transformant une fin tragique en une mémoire d'avenir. Le tableau 13 synthétise la répartition du fond GMEB/IMEB à la Bibliothèque nationale de France (BnF) et dans d'autres institutions.

[488] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*, *op. cit.*

[489] BNF, *op. cit.*.

[490] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*.

Type de Fonds	Contenu et Chiffres Clés	Lieu de Conservation
Phonothèque Musicale	6 612 œuvres numérisées et documentées de 1 946 compositeurs (62 pays), dont 764 créées à l'IMEB. 1 080 partitions.	BnF (Département Son, vidéo, multimédia & Département de la Musique)
Archives Historiques	Environ 645 cartons d'archives papier (artistiques, administratives, techniques, politiques).	BnF (Département de la Musique)
Fonds Audiovisuel	68 000 photographies numérisées. 414 heures de vidéos numérisées (festivals, conférences, etc.).	BnF (Département Son, vidéo, multimédia)
Instruments et Studios	Studio Charybde (configuration analogique), Gmebaphone 1 et 2	BnF (Collection Charles Cros)
	Gmebaphone 2 (exposé), Gmebogosse 3 (en réserve).	Musée de la Musique — Philharmonie de Paris
	Antonymes et autres éléments matériels.	Association du Centre Historique de la Diffusion Radiophonique (ACHDR)
Publications	Revues Faire, Actes de l'Académie, éditions discographiques (collections « Cultures Électroniques » et « Chrysopée Électronique »).	BnF et autres bibliothèques

Tableau 13 : Le fond GMEB/IMEB à la Bibliothèque nationale de France (BnF) et dans d'autres institutions. Source : Maxence Mercier (2025), d'après l'Anthologie GMEB/IMEB

11.8 Le paradoxe de Bourges

Si ce chapitre a jusqu'ici mis en lumière l'ampleur et la cohérence du projet porté par le GMEB/IMEB, il convient à présent d'en examiner une autre facette. Derrière l'image d'un pôle ouvert et fédérateur, l'institution a évolué en un pôle d'influence majeur, structuré autour de la vision et du leadership de ses fondateurs, Christian Clozier et Françoise Barrière. C'était une position assumée par ses fondateurs comme condition d'efficacité dans un contexte institutionnel concurrentiel. Cette dimension, loin de réduire son apport, éclaire la manière dont Bourges a su conjuguer accueil de la diversité et affirmation d'une identité propre, tout en occupant une place singulière dans le paysage électroacoustique international.

L'histoire de la musique électroacoustique en France est souvent racontée à travers le prisme de ses institutions parisiennes, principalement le Groupe de Recherches Musicales (GRM) et plus tard l'Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (IRCAM). Pourtant

d'autres centres ont existé, jusqu'à 22 centres de création ou groupes similaires étaient comptabilisés au milieu des années 80, soutenus par la DMD (la Direction de la Musique et de la Danse du Ministre de la Culture)[491]. Parmi ces centres, l'IMEB est reconnu pour avoir occupé une position de premier plan sur la scène internationale. Il fut à la fois un des centres névralgiques d'un réseau mondial de la création électroacoustique, mais également une entité en concurrence avec les institutions musicales parisiennes[492]. Ce paradoxe s'accompagne d'une tension entre, d'une part, un discours mettant en avant un pluralisme esthétique affirmé et, d'autre part, une orientation institutionnelle et théorique pouvant être interprétée comme une volonté d'encadrer l'expression électroacoustique, et ce malgré l'ambition d'accueillir et de soutenir diverses initiatives à l'échelle internationale.

Je vais proposer pour la suite de ce chapitre, une analyse de cette tension pour circonscrire les polémiques que Christian Clozier ne cessera d'animer. Mais je tenterai d'expliquer en quoi cette posture était nécessaire pour bâtir les institutions qu'il a contribué à créer. Malgré une réputation parfois vigoureuse pour défendre l'image et l'héritage de son institution, Clozier a en réalité énormément œuvré pour la création électroacoustique en général.

Les projets de Clozier tels qu'exposés dans ses nombreux écrits sont ambitieux : il cherche à structurer l'ensemble du champ de la musique électroacoustique, de la création à la recherche technologique, de la diffusion à la pédagogie. L'analyse de ses abondantes archives laisse immédiatement apparaître le caractère auto-historiographique de ses sources, qui constituent un acte final de construction de postérité par un des fondateurs lui-même. En examinant de manière critique la posture politique de Clozier et en la nuançant par une analyse de la singularité de l'IMEB, les lignes suivantes cherchent à définir la place unique et paradoxale de Bourges dans l'histoire de la musique du XXe siècle.

11.9 Une affirmation visionnaire et stratégique pour bâtir un centre d'influence

L'histoire du Groupe de Musique Expérimentale de Bourges (GMEB), devenu IMEB, est indissociable du contexte politique de la décentralisation culturelle française. L'institution a su exploiter ce mouvement pour l'étendre à un réseau international d'une ampleur considérable.

11.9.1 L'acte fondateur : la décentralisation comme projet politique et esthétique

Le GMEB est fondé en 1970, s'inscrivant dans le sillage des politiques de décentralisation culturelle initiées par André Malraux et poursuivies activement dans le domaine musical par le

[491] SURRANS Alain, « La politique du Ministère de la culture et de la communication dans le domaine de la création musicale et de la musique contemporaine : analyse et propositions » https://www.vie-publique.fr/rapport/27362-la-politique-du-ministere-de-la-culture-et-de-la-communication-dans-le-d (consulté le 11 août 2025)

[492] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*

« Plan de dix ans » de Marcel Landowski, alors directeur de la musique[493]. L'objectif affiché de l'État est de créer des pôles culturels en région pour contrer l'hégémonie parisienne et assurer un « aménagement du territoire musical[494] ». Le GMEB se positionne ainsi, et se revendique comme tel, comme la « première structure de création musicale électroacoustique en décentralisation culturelle[495] ». Cette localisation n'est pas une simple contingence géographique ; elle devient un élément central de l'identité idéologique de l'institution. Dans ses écrits fondateurs, Christian Clozier critique explicitement les « querelles scientistes » du « micro-milieu » des laboratoires parisiens, positionnant Bourges comme une alternative pragmatique plus ouverte et résolument tournée vers la formation d'un nouveau public[496].

Cependant, un examen attentif de la stratégie déployée révèle que l'adoption de la posture décentralisatrice fut moins une fin en soi qu'un moyen pour atteindre une ambition plus vaste. Dès sa création, le GMEB ne se contente pas de vouloir devenir un simple pôle régional. Son projet, dès 1972, est explicitement international[497]. Plutôt que de chercher à s'intégrer dans les réseaux existants, dominés par les institutions parisiennes, Clozier entreprend de construire un nouvel écosystème mondial dont Bourges serait l'épicentre. La décentralisation a été utilisée comme une stratégie de développement et d'influence culturelle, permettant un rayonnement exceptionnel. En s'établissant en périphérie, le GMEB a pu échapper à la concurrence directe du GRM, tout en bénéficiant de financements publics destinés à valoriser la régionalisation culturelle. Cette position lui a permis d'amorcer son propre réseau international. La périphérie géographique est ainsi devenue, par un habile retournement stratégique, le centre d'un nouveau réseau symbolique, une contre-capitale dont l'influence s'étendra bien au-delà des frontières nationales. Trente-cinq ans plus tard, c'est le même modèle de développement qui fera l'objet de critiques de la part de la ville de Bourges, qui commença à diminuer drastiquement son soutien au financement de l'IMEB, arguant un manque d'ancrage territorial. Ce type d'argument reposait sur la fréquentation des concerts pendant le festival Synthèse, davantage rempli par un public international que local. En revanche, il ne correspondait pas à la réalité du travail régulier mené avec l'ensemble des établissements scolaires de la région, qui accueillaient les Gmebogosses avec l'intervention d'animateurs pédagogiques.

---

[493] LEFEBVRE Noémi, « Marcel Landowski : une politique fondatrice de l'enseignement musical », Cefedem, 2014

[494] LEFEBVRE Noémi, La politique d'aménagement musical, *op. cit.*

[495] CLOZIER, Christian. *Histoire par décades*, *op. cit.*

[496] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB* , *op. cit.*

[497] CLOZIER, Christian.. *L'Internationale de la création musicale, op. cit.*

11.9.2 « L'internationale de la création musicale » : un internationalisme orienté

Dès 1972, le festival de Bourges s'internationalise, et cette ambition se structure rapidement en un maillage institutionnel dense et cohérent[498]. Christian Clozier et Françoise Barrière sont à l'initiative d'une série d'organisations transnationales qui vont façonner le paysage de la musique électroacoustique pendant des décennies. Le discours qui accompagne cette construction institutionnelle est celui de la « solidarité », de la « collégialité », du « partenariat » et de la « libre circulation des idées et des personnes[499] ». Une attention particulière est portée aux compositeurs des pays du bloc de l'Est, ce qui constitue une ligne politique distinctive et courageuse pour l'époque. Cependant, derrière cette rhétorique d'un réseau horizontal et démocratique, l'analyse structurelle révèle un fonctionnement centralisé. Toutes ces organisations sont initiées, et souvent présidées, par Christian Clozier et Françoise Barrière. Le Festival Synthèse et le Concours de Bourges ne sont pas des événements parmi d'autres, mais les points de convergence obligés, les instances de validation et de consécration de ce réseau mondial[500]. L'immense phonothèque constituée à Bourges, avec 6612 pièces de 1946 compositeurs de 62 pays, n'est pas seulement une archive passive ; elle est un instrument actif de centralisation du capital symbolique de la discipline.

L'influence internationale de Bourges a rayonné à travers un modèle dynamique, où l'IMEB et ses directeurs ont assumé un rôle central dans la légitimation et la diffusion de la musique électroacoustique sur la scène mondiale.

Mais il est impossible de leur reprocher la centralisation sur Bourges de ces réseaux. Clozier rappelle les moyens disponibles à la sortie des années 60, où « la poste seule et le téléphone fonctionnaient comme seuls liens organisationnels, où les studios et les scènes musicales s'expriment avec des instruments analogiques opératifs alors que l'informatique apparaissait, où les contraintes (idéologiques et financières) réparties tant à l'Ouest (même si moindres) qu'à l'Est étaient réelles. L'espérance d'une libre circulation des hommes, des idées (Helsinki) et des musiques était un combat pour chacun. »

Suite à cette citation, Clozier énumère ses collègues, indispensable pour maintenir les liens de ce réseau[501] : Jon Appleton, Lars-Gunnar Bodin, Pierre Boeswillwald, Hugh Davies, Lucien Goethals, Georg Katzer, David Keane, Francisco Kröpfl, Philippe Ménard, Z. Pongracz, Jean-Claude Risset, Luis María Serra, Barry Truax, Sten Hanson et Gerald Bennett.

---

[498] *Ibid.*

[499] *Ibid.*

[500] *Ibid.*

[501] *Ibid.*

11.10 La parole et l'outil : critique des partis pris théoriques et technologiques

La stratégie de Christian Clozier ne s'est pas limitée à la construction d'un réseau institutionnel. Elle s'est incarnée dans un projet intellectuel et technologique tout aussi ambitieux, visant à établir une institution dotée de sa propre théorie, de ses propres outils et de sa propre pédagogie. Ces développements, présentés comme des avancées objectives pour la discipline, peuvent être analysés comme une proposition structurante, dont l'ambition était d'offrir un cadre cohérent pour la pensée et la pratique de la musique électroacoustique, contribuant également à l'élaboration d'une esthétique propre. Là encore, il ne s'agit pas d'un reproche : une telle démarche relève d'une logique de recherche-création, telle qu'elle a été pensée à la suite de Schaeffer, où la formalisation des pratiques, la construction d'un appareillage technique et la définition d'un cadre didactique constituent des modalités conjointes de production de savoirs et d'œuvres.

11.10.1 Une rhétorique du son : le langage théorique comme acte de pouvoir

Le projet théorique de Clozier développé dès les années 1970 dans les textes décrits précédemment ne se contentent pas de décrire, ils prescrivent une manière de penser et de faire la musique[502]. Clozier propose un système d'analyse et de composition fondé non pas sur la morphologie du son, mais sur les figures de la rhétorique classique (asyndète, anacoluthe, hypotypose, etc), qu'il considère comme des outils de structuration du discours musical.

Cette démarche constitue une rupture délibérée avec l'approche du GRM et le *Traité des objets musicaux* de Pierre Schaeffer[503]. Là où Schaeffer proposait une méthode d'écoute « réduite » et une classification quasi-scientifique des « objets sonores », Clozier revendique une approche centrée sur l'intention du compositeur, l'expressivité et la communication avec l'auditeur[504]. Son discours vise à appuyer la légitimité de la composition comme pratique incarnée de la recherche/création. Plus que de l'art/science il s'agit en fait d'inscrire pleinement la pratique artistique dans la recherche sans prétexte scientifique mais comme une science artistique à part entière, c'est-à-dire un savoir opératoire, situé, fondé sur l'invention de critères, d'outils et de procédés. Cette position engage une normativité distincte : elle déplace l'axiomatique de l'écoute vers une axiologie des gestes compositionnels et des conditions de transmission (y compris dans les choix d'outillage numérique, de dispositifs de création selon des protocoles pour le studio ou la scène). Elle construit ainsi un régime de vérité propre à la composition électroacoustique, où la pertinence des catégories découle de leur efficacité poïétique et pédagogique plutôt que d'une prétention à l'universalité descriptive. Ce faisant, cet appareil théorique propose un cadre pour favoriser l'émergence d'identités propres tout en invitant au dialogue avec d'autres approches. Pour participer aux débats de l'Académie internationale ou se

[502] à la section 11.4.3 « Vers une rhétorique sonore électroacoustique »

[503] SCHAEFFER, Pierre. *Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire*. Paris, Seuil, 1966.

[504] CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB* , *op. cit.*

reconnaître dans les affinités esthétiques de l'Institut, la maîtrise de ce code n'apparaît ni comme une condition préalable ni comme une exigence normative ; elle peut toutefois offrir un cadre utile à l'argumentation et à l'action. La théorie de Clozier ne se limite pas à un dispositif fermé : elle contribue à affirmer l'identité de la place de Bourges face à d'autres pôles (notamment parisiens), elle accompagne la reconnaissance d'innovations technologiques (en particulier le concept de « diffusion-interprétation » lié au Gmebaphone), et elle propose un cadre esthétique structurant. La diversité des contributions réunies dans les actes de l'Académie de Bourges indique néanmoins qu'il s'agissait moins de fixer une orientation unique que d'ouvrir un espace discursif destiné à stimuler le débat et la pluralité des approches.

11.10.2 La guerre des haut-parleurs : le Gmebaphone contre l'Acousmonium

Cette volonté de différenciation s'est cristallisée dans une polémique durable et virulente concernant l'invention des dispositifs de diffusion pour le concert avec de multiples haut-parleurs. Les documents produits par Clozier à l'encontre de François Bayle constituent un véritable réquisitoire. L'argumentaire s'appuie sur l'antériorité chronologique incontestable du Gmebaphone et sur des différences techniques pour affirmer non seulement la primauté mais aussi la supériorité conceptuelle du dispositif de Bourges[505] sur celui de François Bayle. Cette posture systématique est l'un des partis pris les plus manifestes de Christian Clozier.

Ce conflit révèle deux philosophies distinctes et fondamentales du concert de musique électroacoustique. Le Gmebaphone privilégie une lecture analytique de l'œuvre par la séparation spectrale du signal et son interprétation en direct par le musicien. L'Acousmonium, conçu comme un orchestre de haut-parleurs, favorise l'immersion de l'auditeur dans une polyphonie spatialisée. Le premier relève d'une approche compositionnelle et analytique, le second d'une démarche perceptive et phénoménologique.

Cette rivalité acharnée ne fut pas stérile. Elle a agi comme un puissant moteur d'innovation et de théorisation, forçant chaque camp à affiner et à justifier sa propre conception du concert acousmatique. Ce schisme au sein de la musique électroacoustique a ainsi donné naissance à deux traditions de diffusion distinctes et durables qui ont structuré le champ international pendant des décennies. La polémique a mis en lumière une divergence esthétique fondamentale qui s'est avérée productive pour la discipline dans son ensemble, en offrant aux compositeurs et au public deux modèles de mise en espace du son radicalement différents.

[505] *Ibid.*

11.11 La pédagogie avec le Gmebogosse et la formation de l'auditeur

Le projet global de Christian Clozier s'étend logiquement au domaine de la pédagogie. Le Gmebogosse (qui deviendra le Cybersongosse) est un « instrumentarium audio-informatique conçu et construit pour l'enseignement[506] ». Le double objectif de ce projet est clair. D'une part, il y a une visée de démocratisation et d'émancipation : donner aux enfants et aux amateurs les outils de la création, leur permettre de « prendre parole » par le son, en dehors des contraintes du solfège et de l'apprentissage instrumental classique. Le Gmebogosse est pensé pour une pratique collective, favorisant l'écoute, l'échange et la collaboration. D'autre part, cet outil n'est pas neutre. Il est indissociable d'une méthode pédagogique fortement structurée, qui vise à former l'oreille à une « écoute élargie » et à une analyse du son selon des « critères » (hauteur, durée, intensité, grain, etc.) qui sont directement issus de l'appareil théorique développé par Clozier lui-même dans des textes comme « Son et Phone[507] ».

Le Gmebogosse est présenté comme un outil pédagogique qui a initié des générations d'enfants et d'enseignants à la démarche musicale développée à Bourges. Cette approche visait à diffuser des principes fondamentaux d'écoute et de création sonore, en les intégrant dans une pratique éducative. En intervenant massivement dans le système scolaire, le Gmebogosse ne se contente pas d'initier à la musique électroacoustique en général ; il forme une génération d'auditeurs, de praticiens et d'enseignants à la pensée musicale électroacoustique. Il installe les catégories analytiques et les valeurs esthétiques de Clozier comme étant les fondements pédagogiques à la pratique sonore. Celle-ci fonctionne alors comme un puissant appareil en prise avec la sensibilité électroacoustique, stimulant la curiosité pour l'espace sonore au-delà même de l'instrument.

11.12 Nuances et singularités : définir la place unique de l'IMEB

Une analyse critique des textes de Christian Clozier ne saurait suffire à rendre compte de l'héritage complexe de Bourges (pour identifier ce qui, au-delà de ses positions, constitue l'apport irréductible et singulier de l'IMEB à l'histoire de la musique). Cette singularité réside moins dans un pluralisme absolu que dans l'échelle et la systématisation de son action, dans sa monumentalisation archivistique, et dans les leçons à tirer de la disparition de l'IMEB.

11.12.1 Un pluralisme esthétique à l'épreuve des faits

L'IMEB a toujours revendiqué une posture d'ouverture, se présentant comme un lieu « sans exclusive esthétique »[508], accueillant tous les courants et toutes les sensibilités de la musique

[506] CLOZIER, Christian. *Récit du Gmebogosse et de sa pédagogie*, *op. cit.*

[507] CLOZIER, Christian. *Son et Phone*, *op. cit.*

[508] CLOZIER, Christian. *Le noyau*, *op. cit.*

électroacoustique[509]. Le Festival Synthèse et le Concours international étaient les vitrines de ce pluralisme affiché, visant à offrir un panorama de la création mondiale[510]. Les chiffres témoignent de l'ampleur de cette ambition : en 39 éditions, le festival a présenté 6 637 œuvres de 2 207 compositeurs de 62 pays ; en 36 éditions, le concours a vu la participation de 4 160 compositeurs de 76 pays, primant 519 lauréats de 47 nationalités[511]. Des compositeurs aux esthétiques très diverses ont été invités en résidence, édités ou primés, attestant d'une réelle diversité géographique et stylistique.

Cependant, ce pluralisme doit être nuancé. Par exemple, la structure même du concours, avec ses catégories (« musique de programme », « musique anecdotique », etc.) définies et redéfinies au fil des ans par Françoise Barrière et Christian Clozier eux-mêmes, n'était pas un cadre neutre. Elle agissait comme une grille de lecture qui orientait la production mondiale, incitant les compositeurs à inscrire leurs œuvres dans des cadres préétablis par l'institution qui allait les juger[512]. Toutefois, la plupart des concours présentent ce type de biais. À Bourges, la gestion des candidatures a toujours été confiée à un huissier, afin de garantir l'anonymat des participants vis-à-vis du jury.

Comme anecdote personnelle, je peux ajouter que Françoise Barrière faisait aisément la distinction entre une pièce composée pour un concours et une pièce personnelle. À l'issue de ma première résidence à l'IMEB, lorsque je lui fis écouter ma pièce *Séminal Shaker* (2005), une de ses premières critiques aura été : « C'est une pièce de concours, c'est dommage mais je comprends ta démarche. » En réalité, je n'en savais strictement rien, mais j'avais écouté beaucoup de pièces primées… Et c'est cette pièce en résidence qui me permettra de remporter mes premiers prix de concours.

Cette anecdote a pour intérêt d'affirmer un des paradoxes de Bourges, organisateur de concours et pourfendeur d'une totale liberté dont le but était dirigé sur l'originalité de l'expression personnelle, la singularité — tout le contraire de catégories archétypales garantes d'une quelconque esthétique. Ma résidence était une commande officielle, mais mon projet était entièrement libre (en dehors peut-être de l'exigence de fournir une pièce à la sortie de résidence).

C'était ma première résidence. J'ai bénéficié d'une bourse, d'un mois complet dans le studio Charybde, et la seule critique qui m'aura été faite, était suite à cette écoute à la fin de la résidence, une fois l'œuvre réalisée. Françoise Barrière, avec une grande bienveillance, déverrouillait mes a priori sur les canons de la musique. Elle avait une connaissance extraordinaire de toutes les musiques qui lui avaient été données à entendre. Certains diront qu'elle aura été la personne à avoir entendu le plus de pièces électroacoustiques au monde. De toute évidence, le

---

[509] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*, *op. cit.*

[510] CLOZIER, Christian. *L'Internationale de la création musicale, op. cit.*

[511] *Ibid.*

[512] CLOZIER, Christian. *Le noyau*, *op. cit.*

cadre institutionnel n'était qu'un prétexte nécessaire et indispensable pour permettre l'expression non pas d'un dogme, mais bien celle de la pure création.

Outre cette liberté possible dans les murs protecteurs de l'institution, la singularité de l'IMEB ne résidait néanmoins pas dans un pluralisme absolu, pour atteindre les studios il fallait tout de même, d'une manière ou d'une autre bénéficier d'une certaine reconnaissance[513]. Une des principales singularités inégalées de l'IMEB sera d'avoir été, pendant près de quarante ans, la seule institution au monde à systématiser la collecte, l'évaluation (concours), la diffusion (festival, radios partenaires) et la production (résidences) de la création électroacoustique à une échelle véritablement planétaire. Sa singularité n'est pas celle d'une utopique neutralité esthétique, mais celle d'un hub mondial sans équivalent dans l'histoire de la musique « savante ».

11.12.2 L'archive comme monument : la construction de la postérité

Face à la perspective de la fermeture de l'Institut, Christian Clozier et Françoise Barrière ont entrepris un dernier grand projet : la monumentalisation de leur héritage. Dès 2005, et de manière intensive après 2009, ils organisent le dépôt de l'intégralité du fonds de l'IMEB à la Bibliothèque nationale de France[514]. Ce fonds est colossal et d'une complétude rare : la phonothèque internationale, des dizaines de mètres linéaires d'archives papier (administratives, artistiques, techniques), une photothèque de 68 000 documents, une vidéothèque de plus de 400 DVD, et acte symbolique ultime, le studio de composition Charybde, démonté et reconfiguré dans sa version analogique historique au sein du musée Charles Cros de la BnF[515]. L'association MISAME a été spécifiquement créée pour superviser ce transfert et gérer la postérité de ce patrimoine archivistique du GMEB et de l'IMEB.

Cet acte peut être interprété comme la dernière manifestation du projet de l'IMEB. Il ne s'agit pas d'un simple acte de conservation, mais d'une stratégie délibérée pour inscrire l'histoire de l'IMEB, telle qu'elle s'est elle-même documentée, dans le grand récit national français, lui conférant ainsi une légitimité institutionnelle pérenne et incontestable. En choisissant la BnF, Clozier et Barrière s'assurent que toute recherche musicologique future sur cette période devra passer par « son » archive, une archive structurée selon leurs propres visions, leurs propres classifications, dans un récit partagé avec tous leurs collègues.

Cependant, ce geste de pouvoir produit un résultat paradoxal qui constitue la singularité la plus objective et la plus durable de l'IMEB. En rassemblant, organisant et déposant cette masse documentaire unique, Clozier et Barrière ont créé une ressource inestimable pour la recherche mondiale. Le fonds IMEB à la BnF constitue aujourd'hui, de fait, la collection la plus complète, la plus riche et la plus centralisée au monde pour l'étude de la musique électroacoustique de la

[513] Pour ma part c'est d'avoir travaillé à l'IMEB en tant que vidéaste, d'avoir composé avec le Cybersongosse 7 mi, puis d'avoir assisté quelques compositeurs en résidence (avec quelques bons retours) qui m'ont probablement ouvert les portes du studio pour une première commande.

[514] BNF, *op. cit.*

[515] *Ibid.*

seconde moitié du XXe siècle. L'acte de pouvoir final, visant à contrôler la mémoire, a ainsi donné naissance à un bien public exceptionnel, dont la richesse justifie amplement les partis pris de ses créateurs.

11.12.3 La fermeture administrative d'une institution : analyse d'une « disparition annoncée »

Le récit de la fermeture de l'IMEB, telle que présenté dans les documents de l'Anthologie du site MISAME, est celui d'une tragédie, d'un « étranglement » bureaucratique. Les textes parlent d'une « destruction »[516], d'un « diktat »[517], et d'une « irresponsabilité totale » de la part de la Direction Régionale des Affaires Culturelles (DRAC) du Centre et du Ministère de la Culture, alors dirigé par Frédéric Mitterrand. La mobilisation internationale, matérialisée par une pétition de plusieurs milliers de signatures, n'y changera rien : l'Institut ferme ses portes en juin 2011[518].

La période 2008-2011 est marquée par une volonté de rationalisation des dépenses publiques et une remise en question du modèle de subventionnement hérité des décennies précédentes. Des rapports de la Cour des Comptes et du Sénat soulignent alors la nécessité d'évaluer plus strictement les structures labellisées — comme les Centres Nationaux de Création Musicale (CNCM), statut de l'IMEB depuis 1997 — et de repenser l'articulation entre l'État[519] et les collectivités territoriales[520]. La politique de Frédéric Mitterrand s'inscrit dans ce cadre de rationalisation et de recherche d'efficacité de la dépense publique.

La fermeture de l'IMEB peut ainsi être analysée comme le choc de deux paradigmes de politique culturelle. D'un côté, l'IMEB, né de la décentralisation des années 1970 et épanoui sous le « tout-culturel » des années Lang, fonctionnait sur un modèle de légitimité historique, charismatique, centré sur la figure des créateurs-directeurs et une forme de soutien à un projet estimé essentiel[521]. De l'autre, un nouveau paradigme de gestion publique émerge dans les années 2000, fondé sur l'évaluation par objectifs, la contractualisation, la prise en compte des dynamiques territoriales et la justification des financements. La constance de Christian Clozier dans la défense du projet de l'IMEB, qu'il percevait menacé par les nouvelles orientations

---

[516] CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique*., *op. cit.*

[517] CLOZIER, Christian. *Éphémérides GMEB / IMEB*, *op. cit.*.

[518] BAUDOUX, Vinciane. « Pétition pour l'IMEB (Institut de Musique Électroacoustique / Bourges) ». Cahiers de l'ACME, 8 octobre 2009. https://www.cahiersacme.com/article-petition-pour-l-imeb-institut-de-musique-electroacoustique-bourges-37183922.html (consulté le 13 août 2025)

[519] COUR DES COMPTES. « Les labels du spectacle vivant : un dispositif à redéfinir ». Rapport public thématique, septembre 2009. https://www.ccomptes.fr/fr/documents/22830 (consulté le 13 août 2025)

[520] SÉNAT, Commission des finances. « L'enseignement artistique : une ambition et des moyens à la hauteur des enjeux ». Rapport d'information n° 458 (2007-2008). 9 juillet 2008. https://www.senat.fr/rap/r07-458/r07-458_mono.html (consulté le 13 août 2025)

[521] MARTIGNY, Vincent, MARTIN, Laurent, et WALLON, Emmanuel, dir. « Les Années Lang. Une histoire des politiques culturelles 1981-1993 ». Paris : La Documentation française, 2021. https://www.vie-publique.fr/files/2021-05/9782111571068.pdf (consulté le 13 août 2025)

administratives, a rencontré la logique gestionnaire et dépersonnalisée du nouveau management culturel de l'État. Cette confrontation de perspectives a conduit à une rupture difficilement évitable. La disparition de l'IMEB n'est pas réductible à un conflit de personnes ou à une décision administrative arbitraire ; elle est le symptôme de la fin d'une certaine époque de la politique culturelle française.

11.13 L'héritage de Bourges

Le projet porté pendant quarante ans par Christian Clozier et Françoise Barrière, bien que fondé sur des idéaux de décentralisation, de démocratisation et d'internationalisme, a manifesté dans sa mise en œuvre des tendances centralisatrices nécessaires. La posture politique, le langage théorique, les choix technologiques et la stratégie pédagogique ont tous concouru à la construction d'une institution internationale. La critique des « partis pris » était essentielle pour comprendre les dynamiques de pouvoir, les rivalités et les exclusions qui ont également structuré le champ de la musique électroacoustique.

Néanmoins, cette volonté de puissance, cette ambition de tout embrasser, a produit un résultat singulier et irremplaçable. En cherchant à fonder un centre du monde de la musique électroacoustique, l'IMEB l'est devenue pendant quatre décennies pour un pan de ses créateurs. Cette institution a été le point de ralliement, la plateforme de création, de diffusion et de reconnaissance la plus globale que cette musique ait connue. Sa véritable singularité réside dans la manière unique d'avoir articulé la composition, la recherche théorique, la lutherie expérimentale (Gmebaphone), la pédagogie de masse (Gmebogosse) et la construction de la mémoire (les archives). Aucune autre institution n'a poursuivi un programme aussi complet avec une telle constance et détermination.

Les postures observées se sont finalement avérées nécessaires pour porter une vision artistique et une philosophie du partage, contribuant de manière notable à l'histoire de la musique électroacoustique. La fermeture de l'IMEB en 2011 a marqué la fin d'une période, mais son dernier acte — la transformation de sa propre histoire en un fonds d'archives national — en assure la pérennité. L'étude de ce fonds, conservé à la Bibliothèque nationale de France, permettra aux générations futures de musicologues d'accéder à un corpus intègre représentant cette partie de l'histoire culturelle et musicale du XXe siècle.

Les archives actuellement disponibles sur le site Misame seront prochainement transférées sur le dépôt HAL, afin d'en garantir l'accès à long terme et d'en faciliter la consultation. Ce chapitre a constitué une première exploration, non exhaustive, du corpus, permettant d'introduire ces textes dans une perspective musicologique. Ce corpus recèle encore de nombreux éléments inédits à explorer.

Il sera prochainement enrichi par les Actes de l'Académie de Bourges, aujourd'hui inaccessibles, mais dont je dispose des textes originaux, accompagnés des notes de travail rassemblant

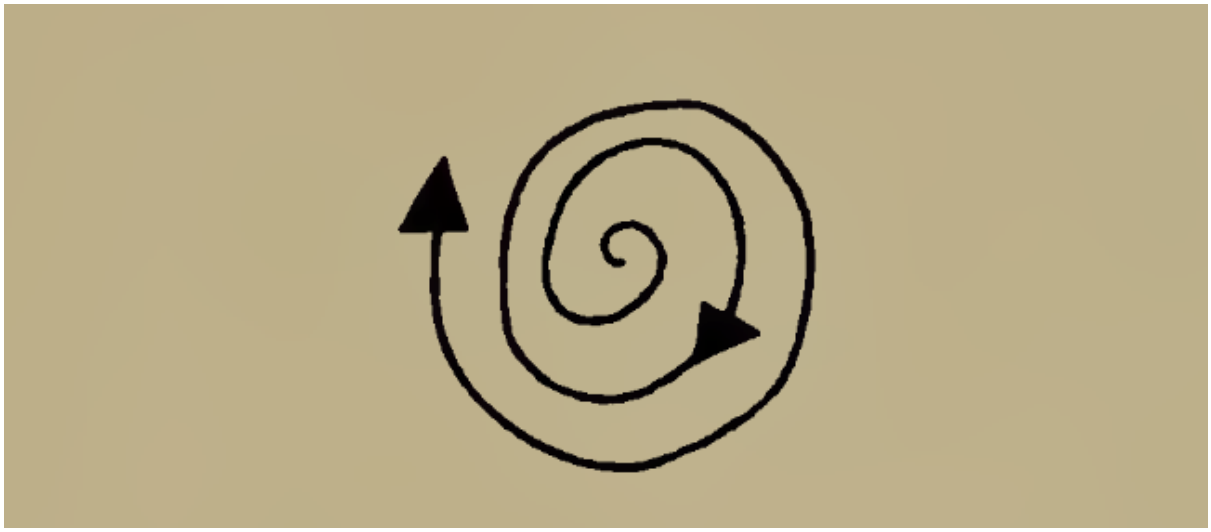
de nombreux pionniers des domaines électroacoustique, électronique et informatique. Ces documents, confiés par Christian Clozier, nécessitent un travail d'édition conséquent. Leur mise à disposition offrira toutefois un accès facilité et structuré, en complément des ressources disponibles à la BnF.

Les archives de la BnF demeureront néanmoins le lieu de référence pour l'écoute des œuvres numérisées, ainsi que pour la consultation des milliers d'heures de conférences enregistrées sur support vidéo. Il faut néanmoins ajouter que Misame dispose d'un réseau de partenaires (« les antennes ») qui dispose du même fonds d'archives musicales que celles déposées à la BnF. Les Antennes de MISAME sont des organismes partenaires chargés de diffuser, dans leurs locaux, le Fonds MISAME (phonothèques IMEB et MISAME) à des fins artistiques, pédagogiques et scientifiques non commerciales. Elles reçoivent un dépôt comprenant plus de 6 000 œuvres et la documentation associée — les originaux étant conservés à la BnF[522].

[522] En 2025, outre le dépôt à la Bibliothèque nationale de France, quatre Antennes ont été constituées à ce jour : Institute for Computer Music and Sound Technology/ ICST de Zurich (Suisse), Université Nationale de Cordoba/UNC (Argentine), Electroacoustic Music Association of China / EMAC CNSM de Pékin (Chine), Université de North Texas à Denton (USA) et prochainement le Zentrum fûr Kunst und Medien (ZKM) de Karlsruhe.

PARTIE 3 : RÉSULTATS

Chapitre 12 *Out of Sight*



« Course du mouvement (génétique) de l'intérieur vers l'extérieur » Paul Klee [523]

12.1 Introduction

Out of Sight est un solo pour piano, synthèse et dispositif immersif, créé au Campus Méliès à Cannes à l'issue d'une journée d'étude au centre XR2C2. Cette performance s'inscrit dans la continuité de trois résidences de création qui m'ont permis de tester mon instrumentarium en situation d'immersion.

La première occasion a eu lieu à Fribourg, en septembre 2021, sous un dôme de 24 points pour deux représentations publiques dans le cadre du festival *Acousmonium & Dôme Utopia III* à la Blue Factory. Cette session m'a permis de mettre en œuvre un dispositif multi-sources à partir de mon setup combinant instruments acoustiques, électroniques, et spatialisation sonore.

La deuxième résidence, au studio Novasound[524] à Lausanne, a été l'occasion de mettre au point une méthodologie d'enregistrement multipistes en performance, permettant de capter une soixantaine de sources sonores en parallèle pour les retravailler en post-production.

[523] Traduction par l'auteur, citée dans KLEE, Paul. *Notebooks Volume2 The nature of nature*, édité par Jurg Spillerp, ed George Wittenborn, 1970, p. 144

[524] Résidence studio 3d-AMF Lausanne, décembre 2021 https://www.nvs-sarl.ch et https://www.3d-amf.ch (consulté le 11 août 2025)

Enfin, à Marseille, invité par le LMA, le GMEM et le festival *Le Bon Air*, j'ai co-créé avec Maoupa Mazzocchetti[525] une performance immersive dans le « Module » du GMEM, présentée pendant l'édition 2022 du festival[526] à la Friche Belle de Mai.

Dès la première année du doctorat, les conditions étaient réunies pour proposer une performance immersive. Ce projet a permis d'ancrer mon travail de composition électronique dans mes recherches théoriques sur la spatialisation. C'était aussi, d'une certaine manière, l'aboutissement d'un processus entamé deux décennies plus tôt : un retour assumé vers mes esthétiques de jeunesse — electronica, minimalisme, rock, improvisation.

Alors que mon premier instrument, la batterie (et les percussions), avait été exclu de l'ensemble de mes compositions — bien qu'il ait constitué le point de départ de ma pratique musicale « sérieuse », au moins par le biais des percussions — j'ai laissé (dans cette performance) le kick imposer la cadence de mes flux sonores, assumant ainsi une fonction que je m'étais interdit pendant des années. Une auto-censure, pour protéger mes oreilles des ravages de la batterie sur l'audition, mais aussi le désir systématique de ne surtout pas aller vers ce qui pouvait être le plus évident. Ce chemin de traverse est celui qui m'aura fait découvrir toutes les musiques dites contemporaines — de la musique électroacoustique à la musique mixte.

Mais mes origines musicales étaient plus tournées sur le jazz fusion, le rock progressif et l'electronica, et c'est par ces expériences que j'ai commencé la spatialisation sonore. J'ai arrêté de pratiquer ces musiques lorsque j'ai commencé à obtenir des commandes musicales suite à quelques concours de composition (Concours de Bourges, Cimesps Sao Paulo, SIMC Paris), et mes premières installations interactives.

Ma pratique du code constituait alors un élément déterminant pour la création d'« espaces », sonores ou virtuels. À la fin des années 2000, mes dernières expériences scéniques liées au groove se déroulaient derrière un ordinateur portable, improvisant des traitements de « déstructuration » du rythme aux côtés de musiciens issus des musiques improvisées et du jazz. Cependant, ces expériences ne répondaient pas « exactement » à mes exigences « formelles », ce qui m'a conduit à les mettre de côté pendant une longue période, au profit de la composition en studio et de la réalisation d'installations interactives. Cette préoccupation pour la forme — dont je pensais à l'époque être affranchi — m'a été rappelée, des années plus tard, par ces mêmes musiciens qui ironisaient sur la place qu'elle avait occupée dans mon lexique explicite[527]. Je pensais à l'époque évoquer la structure, l'organisation, l'équilibre, comme autant de moyens de soutenir l'expression d'un discours, et non celle d'un cadre rigide à suivre scrupuleusement.

---

[525] MAZZOCCHETTI, Maoupa. https://maoupamazzocchetti.bandcamp.com (consulté le 11 août 2025)

[526] Résidence GMEM, festival Le Bon Air, juin 2022 https://www.instagram.com/tv/CeR708ms_87/?utm_source=ig_web_button_share_sheet&igsh=MzRlODBiNWFlZA== (consulté le 11 août 2025)

[527] En classe d'électroacoustique au conservatoire, ce recours critique systématique à « la forme », je l'avais pourtant ouvertement reproché à mes professeurs, qui me semblaient alors davantage à court d'arguments qu'objectivement critiques à l'égard de mes travaux d'étudiant.

Mon approche devait probablement être plus proche de la *momentform*, mais chez ces musiciens aguerris aux répertoires jazz ou classique avec ses grilles ou cadres, la moindre évocation de structure ramenait inévitablement à un cours théorique. En réalité c'était une boutade, nous étions dans une démarche d'improvisation générative, d'autant que ces musiciens sortant fraîchement du CNSM, avaient tous suivi l'enseignement d'Alain Savouret — que je connaissais pour avoir passé un peu de temps avec lui lors d'une de ses résidences à Bourges[528]. Ce petit détour sur la genèse de ma pratique était nécessaire pour situer non pas mon expérience, mais les conséquences d'une normalisation esthétique, héritage des écoles et chapelles de la musique. En électroacoustique et en musique contemporaine plus généralement, le recours au beat paraissait malvenu. Un jeune compositeur avait intérêt à investir d'autres champs d'exploration pour obtenir une reconnaissance et surtout des occasions qui lui permettront de s'affirmer dans des domaines qui laissent la place à une expression que je pensais libérée des carcans esthétiques. C'était mon postulat, ma posture de création. Elle m'a permis de progresser et de découvrir bien d'autres univers sonores, plastiques, intellectuels. Néanmoins, je n'avais aucune idée des règles auxquelles je répondais plus ou moins consciemment. Non pas celles issues de modèles esthétiques mais bien plutôt les règles implicites de puissants dogmatismes. C'est finalement simplement la curiosité qui m'aura permis de continuer à faire des pas de côté et arriver à considérer les multiples espaces d'expression non pas comme des domaines séparés, mais comme la possibilité d'un écosystème foisonnant et décomplexé. Pour arriver à cette étape, il m'aura fallu expérimenter toutes les facettes critiques et symboliques auxquelles j'avais accès, et accepter que ce qui pouvait faire sens pour les autres devait avant tout faire sens pour moi-même.

Cette introduction n'est pas une mise en garde à l'attention du lecteur qui aurait des craintes à voir venir la justification de beat technoïde ! C'est plus un constat, sur ce qui m'a fait privilégier une démarche radicale pour la recherche musicale avec un déni avéré pour les propositions rythmiques répétitives. Ces beats immuables recouvrent en réalité, un domaine beaucoup plus nuancé. Néanmoins je reste profondément plus sensible aux polyrythmies avec des métriques asymétriques et irrégulières, qu'aux kicks snares tubesques inamovibles. Cependant quand je jouais encore de la batterie, j'étais fasciné par la capacité d'emmener un public même dans la pulsation fluctuante d'un solo. Lors de mes premières tentatives de mix devant un public d'électro, j'étais grisé par la puissance du beat à faire synchroniser les têtes de tout un public. J'ai peut-être été trop vite effrayé par cette capacité de contrôle et j'ai alors trouvé réconfort dans les principes d'une musique qui suggère avec force plus qu'elle n'impose avec violence. Finalement, j'accepte aujourd'hui ces bornes, ayant pris conscience de pouvoir en jouer, avec des moyens pour m'en approcher tout en les contournant au bon moment.

[528] Les discussions informelles à Bourges ont toujours été très instructives... C'est par exemple dans une discussion sur la préparation d'un clavinet avec Rainer Boesh et Alain Savouret que ce dernier m'a appris ce qu'était une avant-garde, en affirmant que ça faisait bien longtemps que l'électroacoustique n'en n'était plus une...

12.2 Un solo pour piano, synthèse et dispositif immersif

J'utilise Sound Trajectory sur scène pour spatialiser mes instruments et leurs traitements sonores. Ma performance s'articule autour d'un piano Yamaha CP70B, celui-ci est muni de micros piezo installés sous chaque corde, ce qui permet d'amplifier l'instrument aussi simplement qu'une guitare électrique. Le piano est accompagné par deux synthétiseurs polyphoniques analogiques midi.

Les différents modules de Sound Trajectory s'articulent de manière organique avec mon instrumentation électronique. De nombreux processus génératifs et automatiques sont ainsi couplés avec les fonctionnalités de ST pour assurer un mixage semi-supervisé lors d'interprétations et d'improvisations sur différents claviers et interfaces gestuelles (Contrôleur midi, capteur vidéo Leapmotion). Les traitements sonores sont spatialisés individuellement comme sources sonores à part entière.

Au sein du même environnement (Max), les processus de feedback adaptés à la spatialisation par contrôle paramétrique ou signal audio, permettent de sublimer l'étendue des propriétés sonores des traitements (granulation, sampleur, gel, super-vp scrub, multi-delay, Timelag, reverse, harmoniser, modulation, distorsion, délai, réverbération). La figure 127 présente le plan de scène avec les différents instruments acoustiques, analogiques et numériques.

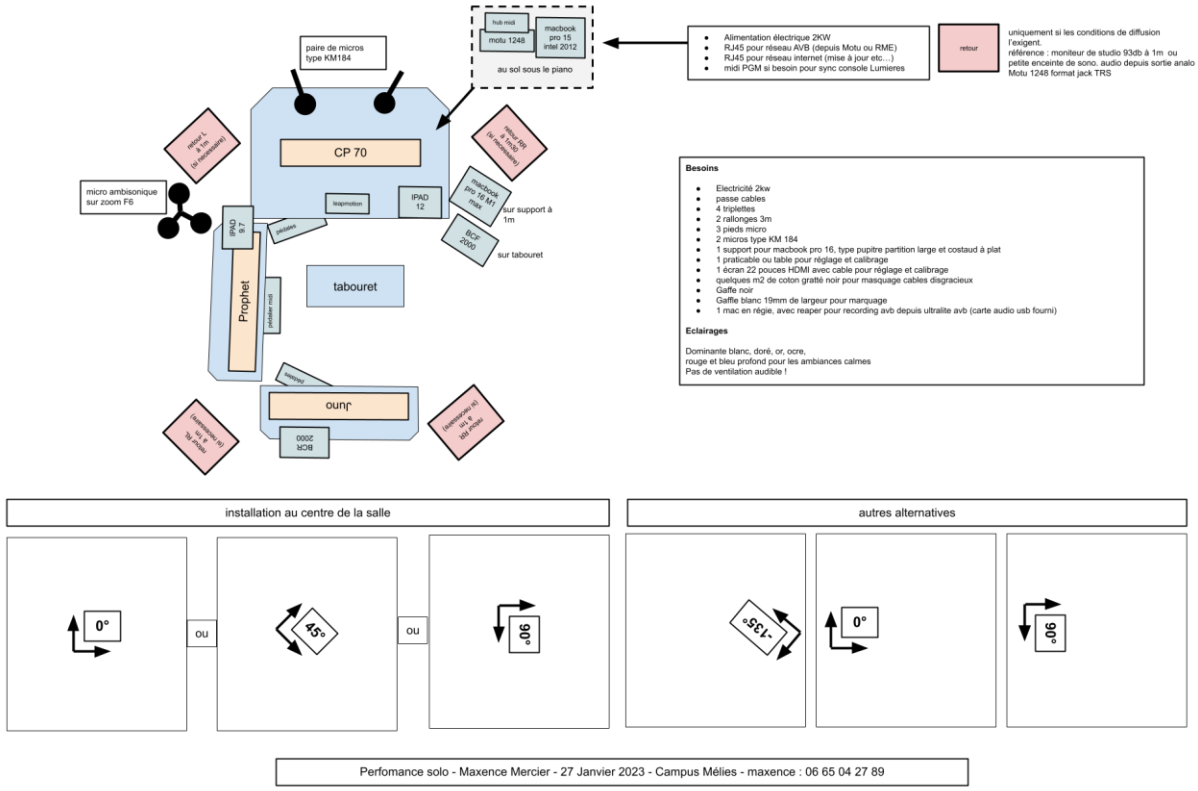


Figure 127 : Setup instrumental. Source : Maxence Mercier (2023)

12.3 Espace audionumérique

La réelle difficulté avec le mixage objet reste la capacité de gérer une multitude de sources sonores en mouvement. Lorsque celles-ci sont placées à des positions fixes, on tire tout de même partie des capacités des moteurs de rendu audio 3D en employant des approches traditionnelles de panoramisation. C'est ainsi qu'il est plus commode et rapide d'utiliser des bus multipistes plus ou moins standardisés qui permettront de poser dans l'espace virtuel d'un mixage objet, un espace préconçu (au format stéréo, quadri, 5.1 7.1, octophonique, 7.1.4.) Ces espaces préconçus pourront être réinterprétés en les redisposant dans l'espace. Bien que limités, ils offrent des possibilités d'éditions simples dans les DAW professionnelles comme Protools et Nuendo.

12.3.1 Les sources statiques

La figure 128 montre les affectations communes de canaux entre les logiciels Max, Live et Nuendo alimentant Sound Trajectory avec des bus octophoniques. La définition spatiale est basse, mais le recours à ce format permet de lire ou générer facilement (depuis différents environnements) du matériau sonore possédant un espace interne pré-spatialisé. Suivant la capacité des logiciels, d'autres formats peuvent être acheminés directement à Sound Trajectory comme un mix complet en 7.1.4 lu depuis Nuendo. Du côté de ST, tous les outils sont disponibles pour réinterpréter ce format de manière à pouvoir l'adapter à tout autre format de diffusion. Même si ces formats ne sont pas optimums, ils ont le grand avantage d'être disponibles dans les studios dolby Atmos avec les outils d'édition adéquats.

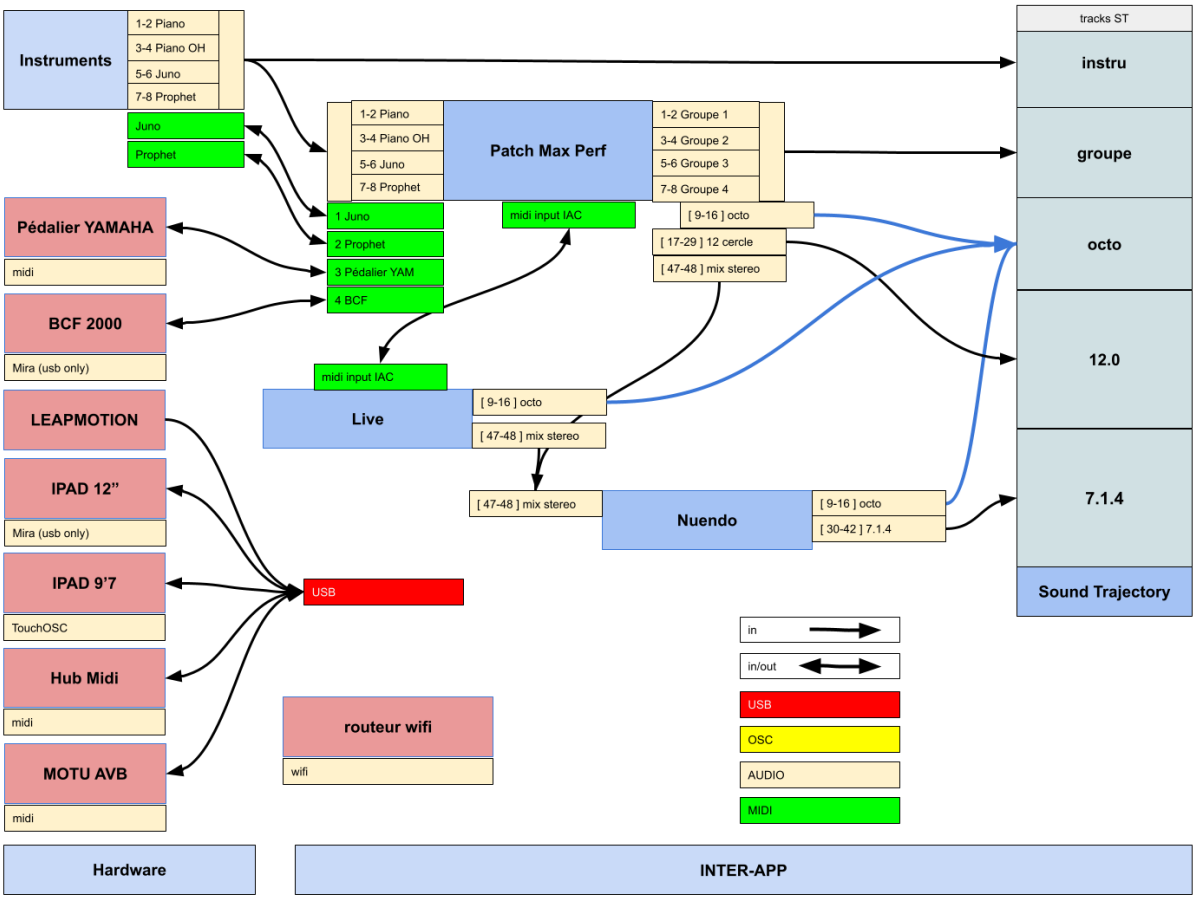


Figure 128 : Routages des canaux audios, midi et mapping d'interactions. Source : Maxence Mercier (2023).

12.3.2 Les Sources dynamiques

De manière générale, toutes les autres sources sont susceptibles d'être animées dans l'espace. S'il ne s'agit pas de déplacement azimutal ou d'élévation, cela pourra être la multiplication d'une même source sonore à des points différents, ce qui lui donnera de la présence, accentuera la sensation de largeur, ou au contraire aplatira tout relief selon la proportion utilisée. Pour cela chaque piste de Sound Trajectory peut être configurée d'une à seize sources sonores. Des doublons de pistes peuvent être créés et activés suivant la conduite du projet. La figure 129 montre un exemple typique d'entrée stéréo étendue au format quadriphonique, ainsi la sensation de présence de la source réelle sera bien plus prononcée, car démultipliée sur deux canaux supplémentaires. En inversant les canaux avant et arrière, le croisement des voix éclate la stéréo dans l'espace très simplement.

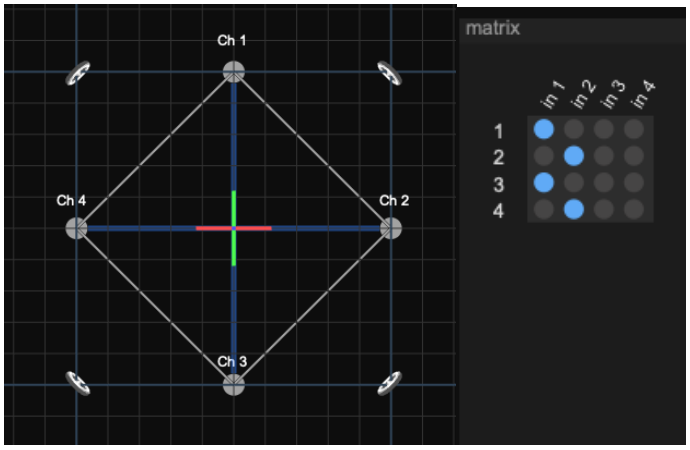


Figure 129 : Extrapolation quadriphonique d'une piste à partir d'un signal stéréo. Source : Maxence Mercier (2023).

Dans cette logique je groupe mes différents effets afin de limiter le nombre de sources sonores réelles à spatialiser. La figure 130 illustre les matrices d'affectations des différents groupes d'effets. La matrice à droite détermine les affectations directes, la matrice du milieu les interconnexions internes au patch, et la matrice à gauche gère les envois vers les groupes auxiliaires. Différents réseaux d'effets peuvent ainsi être associés très librement à différents groupes d'effets.

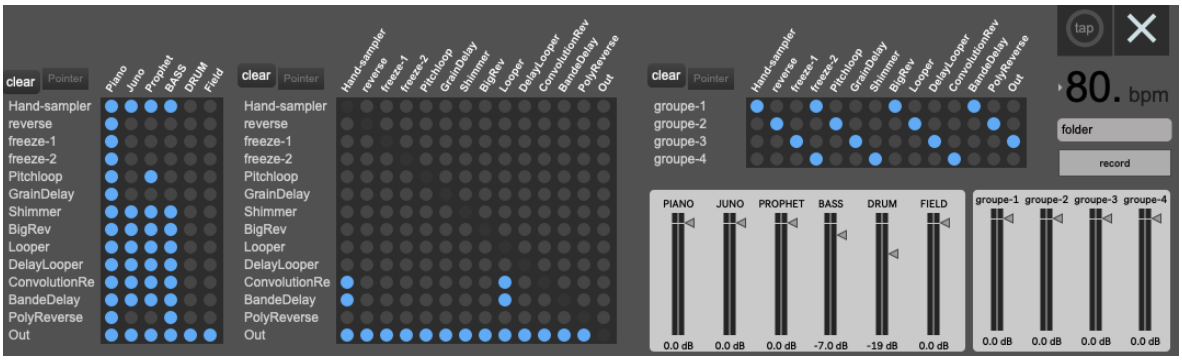


Figure 130 : Matrices d'affections des effets audio du patch Max. Source : Maxence Mercier (2023).

Dans une œuvre en direct, les dynamiques spatiales opérées par l'interprète ou le performeur font face à plusieurs obstacles : complexité technique et temps de préparation entre autres. Il y a une tendance naturelle à user de stéréotypes par facilité : rotation systématique des sources autour du public, déplacement aléatoire, extravagant, ou répétition des figures spatiales, ne sont que quelques exemples. Ils génèrent un impact momentané sur un public néophyte, mais leur usage ne tient pas sur la durée pour élaborer une narration spatiale satisfaisante.

Les gestes d'interprétation liés à la spatialisation peuvent néanmoins être variés sans nécessiter une virtuosité sophistiquée. La figure ci-dessous présente par exemple des effets à activer manuellement de manière momentanée, qui participent à étendre l'instrumentarium avec des typologies sonores dédiées à la spatialisation sonore. Le succès de la spatialisation est étroitement lié à la situation du concert. La couverture acoustique des haut-parleurs, l'espace propre à la salle, l'emplacement du public et des interprètes créent des variations par rapport à l'optimum

composé[529]. Si bien que pour optimiser ces paramètres, il s'agit de définir un cadre de possibilités spatiales, dans lequel les mouvements pourront être répartis de manière homogène, tout en contrastant les points d'écoute.

Dans le cadre de cette performance, la mise en œuvre du processus de spatialisation le plus simple consiste à animer le listener, qui est le centre de référence virtuel du mixage. Sound Trajectory permet de contrôler son listener avec 6 degrés de liberté, de la même manière que la vue subjective dans les moteurs de jeux vidéo. C'est un outil d'expression redoutable capable de créer quelques vertiges acoustiques avec très peu de moyens. Tout le public en profite, car c'est la scène sonore complète qui est simulée. Il faut pour cela que le processeur audio synthétise l'effet doppler avec une réverbération dynamique. Sound Trajectory utilise le modèle de John Chowning, resté une référence depuis 1971 pour simuler efficacement l'illusion psychoacoustique de la cinétique sonore[530]. Ce contrôle est accessible depuis une interface iPad (figure 131), permettant d'activer manuellement les différents effets gestuels corrélés avec un Leap Motion.

Figure 131 : Interface mira permettant d'activer à la volée des effets momentanés. Source : Maxence Mercier (2023).

12.3.3 Effets Stéréo

Une majorité de traitements sont bicanaux, le traitement est analogue aux effets spatiaux permis par la stéréo, à la différence que les deux sources seront distribuées librement dans un espace

[529] BARRETT, Natasha, « Composition and the 'Live Electroacoustic': sound, time, control and ensemble », https://www.natashabarrett.org/live.html (consulté le 11 août 2025)

[530] CHOWNING, John. «The Simulation of Sound Moving Sources ». *Journal of the Acoustical Society of America*, 1971, p. 2-6

en trois dimensions (XYZ). Ainsi un simple effet délai en ping-pong, délayant le même signal sur deux canaux avec deux temps de délai différents, créera l'illusion d'un déplacement du son le long d'un vecteur, lui-même déplaçable dans un espace en trois dimensions. Avec d'autres types d'effets, il est envisageable de créer des plans sonores élaborés qui pourront se mouvoir dans l'espace.

12.3.4 Effets multicanaux

Les bus multicanaux sont utilisés pour des processus tirant directement parti de configurations immersives (octophoniques à minima, parfois divisés en deux quadriphonies, l'une pour le bas et l'autre pour la hauteur). La synthèse granulaire tire particulièrement bien profit de ces configurations sans avoir à envoyer au processeur de nombreuses informations de position, car tout le processing audio est directement calculé dans le format défini. Des effets polyphoniques en tirent également parti : Poly-reverse et Multirandom. Le premier lit à l'envers un buffer en enregistrement circulaire continu, en superposant des extraits de manière aléatoire, mais dans un registre défini (vitesse, longueur et éventuelle synchronisation). Chaque voix de polyphonie créée est automatiquement répartie sur les canaux disponibles. Le second déclenche une panoramisation aléatoire à la suite d'une attaque activant le traitement. Cet effet est particulièrement efficace sur les sons de percussions.La figure 132 présente le patch regroupant tous les effets audio.

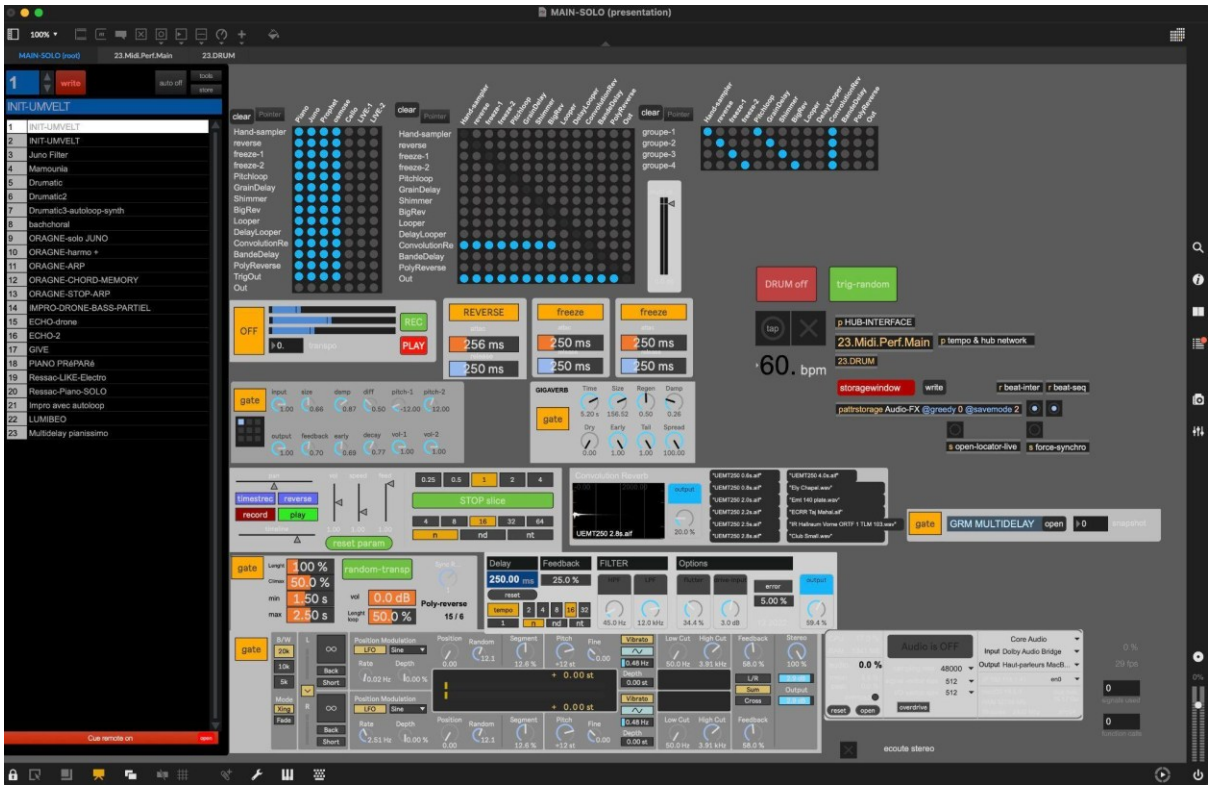


Figure 132 : Interface du patch audio de *Out of Sight* en mode performance, on peut voir à gauche la Cue-list, en haut la matrice de routage des signaux audio, et pour les ⅔ de l'interface les réglages paramétriques servant à l'édition des différentes mémoires de scène de la Cue-List. Source : Maxence Mercier (2023).

12.3.5 Groupes auxiliaires

Les groupes auxiliaires peuvent reprendre les signaux de tous les traitements en les répartissant sur quatre groupes. Les groupes sont stéréo et permettent de simplifier le nombre de sources à réellement gérer dynamiquement en live.

12.3.6 Mixage automatique

Les groupes sont ensuite transmis à Sound Trajectory par le biais d'une connexion inter-app ou d'une carte son. Ils seront mixés de manière automatique, c'est-à-dire qu'une méthode semi-supervisée pour chaque groupe est utilisée pour coordonner leurs mouvements dans l'espace. La figure 133 expose le réseau d'interactions possibles au sein du logiciel. L'ensemble de ces fonctions est regroupé sur une page appelée « interactive mapping ». Ces fonctions s'articulent en deux classes distinctes et complémentaires, les actions et les « events ». Les modules génèrent un signal de contrôle à partir de l'analyse d'une entrée audio, midi ou osc. Les modules évents proposent une variété de séquences d'automation cyclique ou aléatoire.

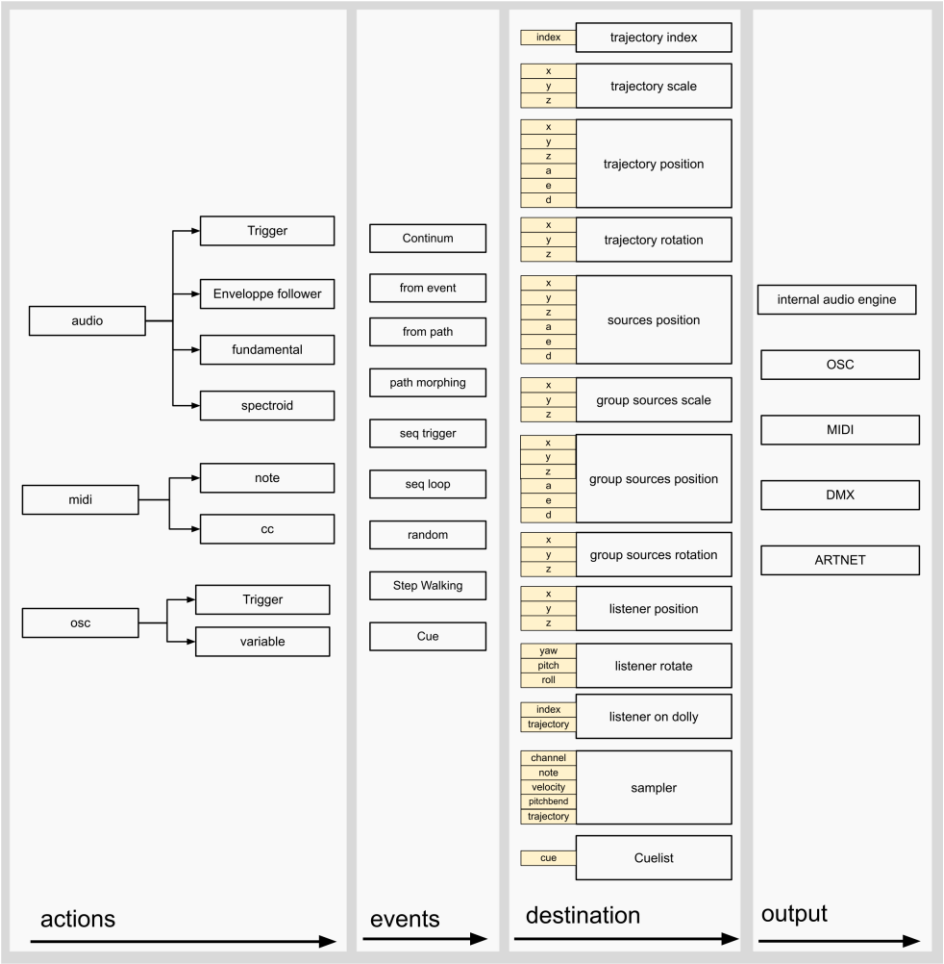


Figure 133 : Mapping et réseaux d'interactions, figure déjà présentée au chapitre Sound Trajectory. Source : Maxence Mercier (2023).

La palette d'interactions permet d'agir sur tous les paramètres ayant une incidence sur le placement dans l'espace des sources sonores. Les sorties de contrôle en dehors du logiciel sont

envisageables au-delà du domaine sonore à destination d'environnements, midi, osc, DMX et Artnet. Il est ainsi possible d'envoyer des informations de contrôle d'éclairage, de synchro vidéo, et tous les paramètres courants du logiciel : position des sources, du listener, de groupes de sources, etc...

Les possibilités sont très larges et le nombre de modules activables est illimité. Plusieurs « events » peuvent être contrôlés par une seule « action ». Imaginons une trajectoire basique sous forme de cercle : un même slider (action midi ou osc) peut contrôler le diamètre du cercle, sa rotation, et son élévation. D'un seul geste, la source se déplacera comme si elle était sur une spirale, le mouvement idéal pour percevoir l'élévation.

De manière plus basique, des séquenceurs peuvent moduler la position des sources sur les trajectoires à des vitesses variables.

De manière plus élaborée, la vitesse de lecture des séquenceurs peut être modulée par une action, elle-même contrôlée par exemple par la brillance d'un signal audio.

Certains modules d'événements aléatoires par « random walk » peuvent créer l'illusion de mouvement brownien plus ou moins naturelle.

Tout un échafaudage d'articulations et d'interactions est ainsi possible à la manière de la synthèse modulaire.

12.4 Le réseau midi comme support du geste performatif

12.4.1 Ableton Live

L'espace MIDI de la performance *Out of sight* est guidé par une session sous Ableton Live, qui permet de stocker des séquences pré-arrangées assurant la forme globale de la performance.

La construction de cette session s'inspire des méthodes employées par Nils Frahm[531], qui élabore ses performances scéniques à partir de séquences et de boucles MIDI activées en cours de jeu, en conservant une large marge d'improvisation. Cette liberté tient au fait que la destination des séquences n'est pas prédéterminée : elle se décide selon l'intuition et les modes de jeu, en fonction des instruments connectés en MIDI à un ordinateur central.

Le principe est ici repris et implémenté dans Ableton Live, choisi à la fois pour son adéquation avec l'usage en concert et pour la possibilité d'y développer, via Max for Live, des extensions capables d'en modifier le comportement. La figure ci-dessous illustre un sélecteur permettant, pour chaque piste, de définir la destination du signal MIDI : celui-ci peut être routé vers un synthétiseur interne au logiciel ou vers les instruments physiques présents sur scène.

[531] McGlynn, Declan. How I Play Live: Nils Frahm, 2021, https://djmag.com/longreads/how-i-play-live-nils-frahm (consulté le 24 août 2025)

La session organise des séquences pré-arrangées qui structurent la forme globale tout en laissant une grande latitude d'intervention en temps réel (figure 134). Elle ne fixe pas un déroulé unique, mais agrège des réserves formelles activables en situation. Le geste consiste alors à orienter des potentiels — déclencher, détourner, redistribuer — plutôt qu'à dérouler une partition linéaire. Le routage de chaque séquence reste ouvert, qu'il s'agisse d'un instrument logiciel ou d'un synthétiseur matériel, ce qui permet d'improviser l'instrumentation en fonction du jeu, de la salle et du public (figure 135).

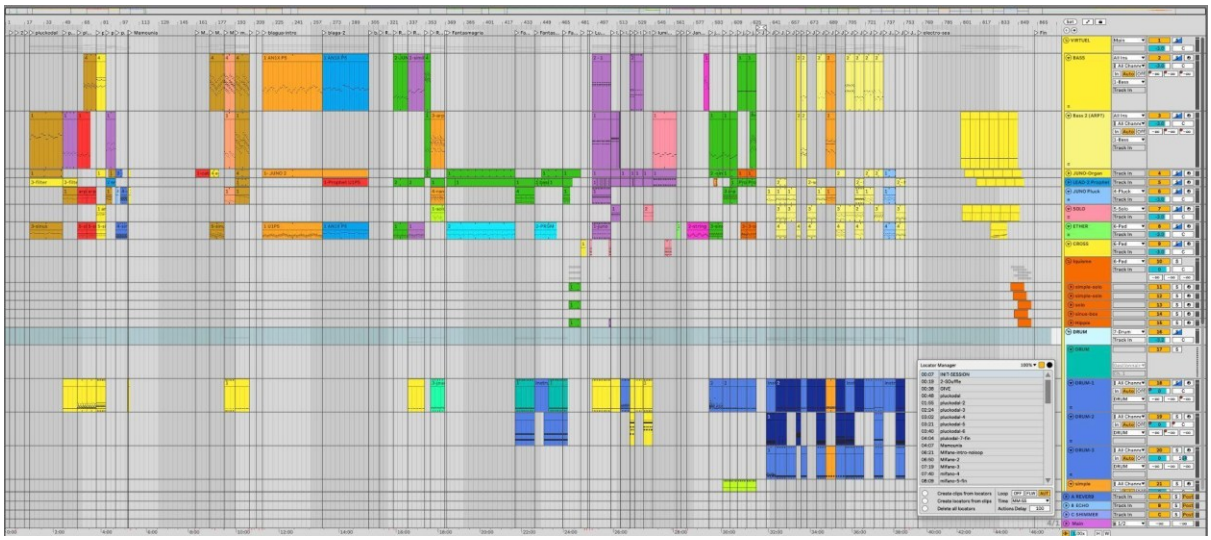


Figure 134 : La session Live, comportant les séquences MIDI. Source : Maxence Mercier (2023).

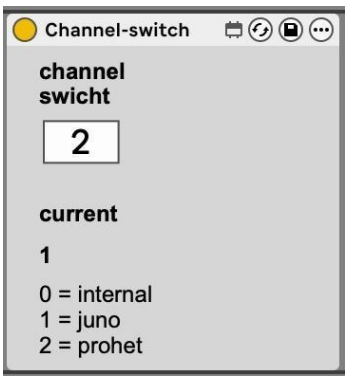


Figure 135 : Sélecteur d'envoi dans Ableton Live, sur 0 la séquence MIDI est envoyée dans un synthétiseur de Live, sur 1 et 2 elle est envoyée dans les synthétiseurs hardware. plugin M4L. Source : Maxence Mercier (2023).

Locator manager

Le « locator manager » est un plugin M4L créé par Lillihu[532], disponible sur Maxforlive.com. Il permet de sélectionner une portion temporelle dans une session Live. Chaque Cue sélectionne un marqueur sur la timeline et crée une boucle qui se termine au début du marqueur suivant (figure 136).

[532] https://maxforlive.com/library/device/8944/locator-manager

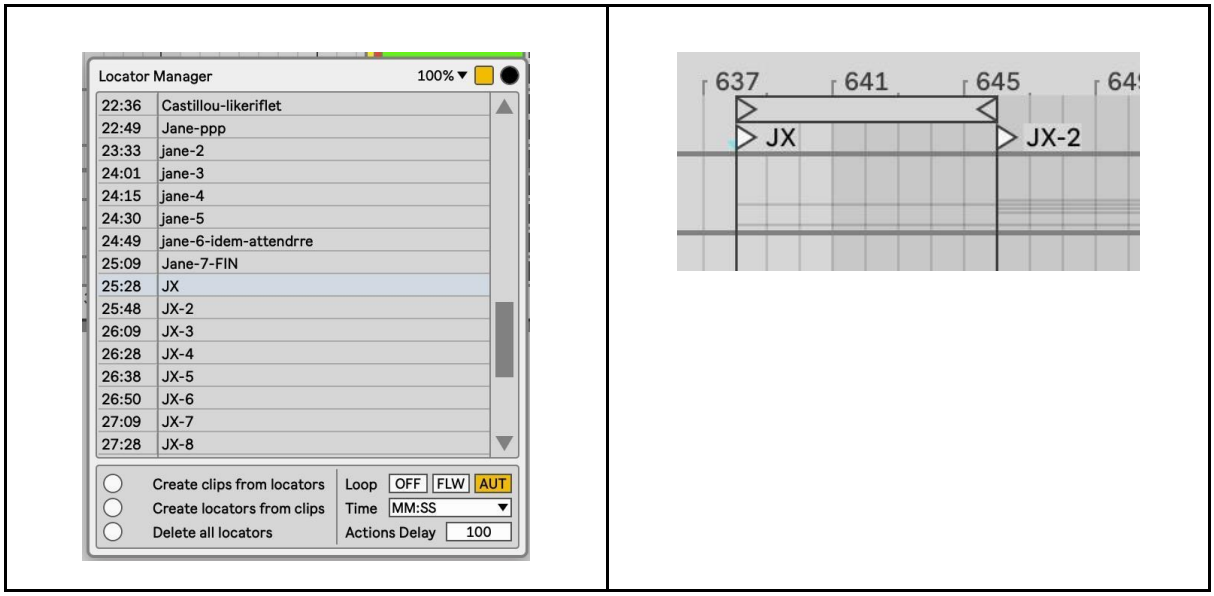


Figure 136 : Locator Manager (plugin M4L) et effet sur la timeline de la session d'Ableton Live. Source : Maxence Mercier (2023), d'après le plugin M4L de Lillihu.

Initialement contrôlable via MIDI, j'ai modifié ce plugin pour le rendre compatible avec l'OSC (Open Sound Control). La figure 136 illustre la boucle créée entre les marqueurs JX et JX-2, tandis que la figure 137 offre une vue plus large de la session d'arrangement.

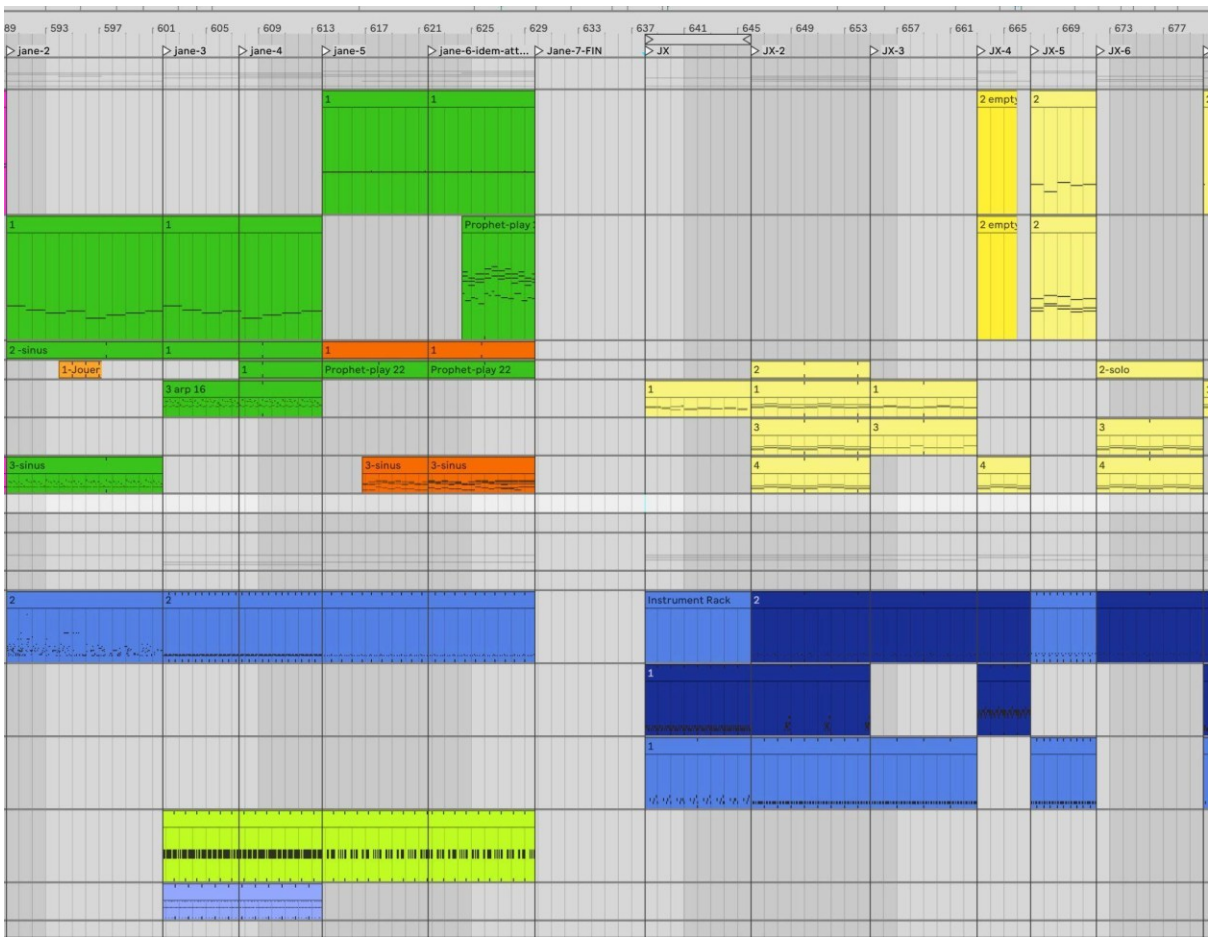


Figure 137 : Portion de la session d'*Out of Sight*. Aucun fichier audio n'est chargé. Seules des séquences MIDI seront envoyées dans différents instruments virtuels ou réels pendant la performance. Maxence Mercier (2023).

L'essence de ce plugin réside dans sa capacité à manipuler les marqueurs de manière dynamique. Au lieu d'ajuster manuellement les points de début et de fin de boucles, le « locator manager » permet de sélectionner une portion temporelle spécifique de la session Live en se basant sur l'emplacement des marqueurs. Chaque « cue » (point de déclenchement) défini dans le plugin correspond à un marqueur sur la timeline d'Ableton Live. Lorsqu'un cue est activé, il détermine automatiquement le début d'une boucle à l'emplacement du marqueur correspondant et la fait se terminer précisément au début du marqueur suivant. Cette fonctionnalité est particulièrement utile pour naviguer rapidement entre différentes sections d'un morceau, isoler des passages spécifiques pour des répétitions, ou élaborer des structures de performance improvisées.

Initialement, le « locator manager » est contrôlable via MIDI. Cependant, pour une plus grande flexibilité, j'ai adapté ce plugin afin qu'il puisse être piloté par OSC (Open Sound Control). Cela me permet de le contrôler plus facilement depuis mes patchs Max externes à l'application Ableton Live.

Ce plugin, d'apparence simple, permet d'exploiter les différentes qualités d'Ableton Live de manière cumulative. Théoriquement, le mode boucle est associé au mode Session. Ce plugin permet de reproduire le comportement et les fonctionnalités du mode Session dans le mode Arrangement, qui est habituellement destiné au travail en studio. Le mode Arrangement étant plus propice à l'écriture d'automations, ce plugin me permet d'écrire des automations pour le live avec une vue globale où toutes les courbes d'automations sont visibles sur le même écran. Ce détail est indispensable pour visualiser les différents croisements et interactions possibles entre les courbes d'automation, ce qui est quasiment impossible en mode Session, qui impose de travailler sur un seul clip à la fois.

12.4.2 MAX

Tout le trafic MIDI transite par un patch Max externe à Live. Les flux y sont dupliqués et présentés dans une interface qui rassemble plusieurs familles de traitements : arpégiateurs, « slicers », lecteurs séquentiels de fragments MIDI avec transposition et contrôle de vitesse. Les slicers fonctionnent comme des échantillonneurs de séquences MIDI : ils capturent un flux et permettent d'y naviguer par le geste. Un Leap Motion est utilisé pour balayer et recombiner en temps réel les notes enregistrées.

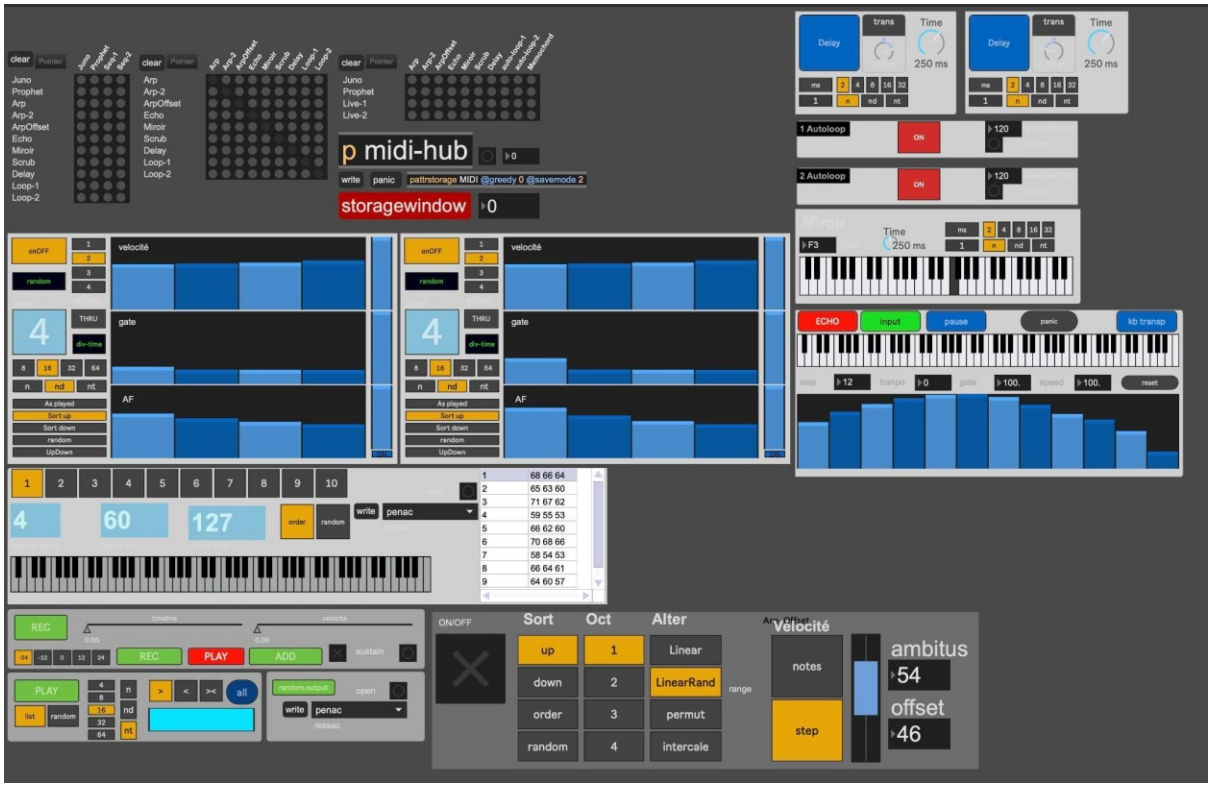


Figure 138 : Patch de performance MIDI, vue du matriçage des processus, Max 9. Maxence Mercier (2023).

Le patch comporte des modules issus des travaux de Risset sur le Disklavier (figure 138). Un premier ensemble s'appuie sur des retards MIDI (delays) permettant la création d'arpèges par accumulation contrôlée, avec gestion de la rétro-injection en matrice pour établir des boucles entretenues. Le comportement est analogue à des effets audio, mais appliqué à des messages MIDI (velocity, pitch, durée), ce qui autorise une dissipation graduée du signal par réduction de la réinjection.

Le module « miroir » réalise — à partir d'une note pivot choisie — une inversion des hauteurs, en dupliquant le flux de notes autour de ce centre — comme ce qui est utilisé dans les patchs de Risset pour ses pièces *Doubles* et *Narcisse*.

Le module echo est lui aussi directement inspiré des programmes pour Disklavier de Risset. Le programme va reproduire avec un tempo régulier une note jouée par le pianiste. La vélocité de l'enfoncement et la durée de maintien de la touche définissent la période de répétition. Cette logique facilite la construction de polyphonies et de polyrythmies à partir d'accords plaqués et relâchés, et permet des jeux en canon sans programmation préalable de motifs.

Le principe de ce module est relativement simple, mais ouvre sur la production de textures et de séquences d'une grande complexité, tout en demeurant entièrement contrôlable par le geste initial du musicien. Lorsqu'une touche d'un clavier MIDI est enfoncée, la durée de l'appui devient le paramètre déterminant : elle fixe celle du métronome et, par conséquent, la vitesse de répétition d'une ou de plusieurs notes. Une fois la touche relâchée, la ou les notes correspondantes se répètent indéfiniment, en respectant la temporalité issue du geste d'origine.

Cette fonction se révèle particulièrement intéressante lorsqu'on plaque un accord puis qu'on relâche progressivement les touches. Le simple décalage des doigts dans le relâchement suffit à générer une polyphonie polymétrique, chaque note imposant sa propre vitesse de répétition. Ce mécanisme peut également être exploité pour mettre en place des jeux en canon plus élaborés, qui prennent forme dans l'instant, non pas au piano mais sur les synthétiseurs contrôlés par ce système.

La performance donnée à Méliès en offre un exemple dès son introduction : le traitement MIDI, activé directement depuis le clavier et routé vers différents synthétiseurs, produit des structures répétitives en continu, suivant diverses destinations sonores. L'outil se prête à deux modes d'usage complémentaires : d'une part un mode séquentiel, où les paramètres sont fixés par des points de repère (cues) définis à l'avance ; d'autre part, un mode performatif, où l'interprète manipule l'instrument en temps réel, activant ou désactivant les effets grâce à certaines touches ou combinaisons de touches. La palette de trigger présentée au prochain sous-chapitre définit les différents types de combinaisons détectables dans un flux de notes midi.

D'autres traitements étendent le dispositif au-delà des travaux de Risset : arpégiateurs à pas variables, marches aléatoires de type random walk (y compris bruit brownien), et modules de « rebond » apparentés à des procédés employés dans la Librairie Profile pour OpenMusic avec les fonctions réflexion[533]. Toutes ses fonctionnalités qui sont des extensions de principes existants n'ont pas lieu d'être présentées ici, mais les sources et sessions de la performance *Out of Sight* sont disponibles dans les annexes numériques de la thèse.

Le module Autoloops enregistre en continu le jeu en cours. Dès que l'instrumentiste relâche brièvement une touche (jeu non legato), la séquence capturée est immédiatement restituée sous forme de boucle. Cette boucle peut servir de support de jeu, être réinjectée vers des retards, des arpégiateurs, ou d'autres traitements. Elle garantit ainsi une continuité musicale pendant que l'interprète modifie des paramètres, change d'instrument, ou ajuste le mixage.

Un autre module, dédié à la mémorisation d'accords, permet la réémission individuelle ou séquentielle d'accords préparés ou enregistrés à la volée. Ces accords peuvent être déclenchés par différentes stratégies d'interactions. L'une des plus courantes consiste à utiliser une ou plusieurs pédales MIDI, qui injectent les accords enregistrés dans des arpégiateurs. Le flux ainsi généré peut à son tour être modulé par une pédale de volume ou par l'analyse audio d'un instrument acoustique (par exemple le piano). Ce mécanisme crée des couplages entre l'espace acoustique et l'espace MIDI, ouvrant la possibilité de transformer le geste instrumental direct en matière de composition et de spatialisation dynamique.

L'ensemble forme une boîte à outils sobre, centrée sur des opérations de transformation du flux MIDI plutôt que sur la synthèse sonore elle-même. Dans la majorité, ces fonctions instaurent

[533] MALT, Mikhail et BABONI SCHILINGI, Jacopo. « Profile, Library for the Control of Melodic », IRCAM 1994, https://github.com/openmusic-project/Profile

une forme de mémoire immédiate du geste : chaque fragment joué, même éphémère, peut revenir et se superposer aux nouvelles strates produites en temps réel. Le dispositif ouvre ainsi un espace polyphonique où les couches se construisent par empilement et réactivation de gestes passés. L'interprète travaille alors dans un rapport constant entre présence et rémanence, entre jeu direct et réécoute différée de son propre geste. Cette circularité transforme l'exécution en un champ de possibles où la spontanéité de l'instant devient immédiatement matière à composition.

Ce principe de mémoire active déplace la fonction de l'instrument : il ne s'agit plus seulement de produire un son dans l'instant, mais de générer des traces qui prolongent l'action et s'entrelacent avec elle. Chaque note, chaque accord peut devenir matériau pour une polyphonie imprévue, ou point de départ d'un processus autonome. L'improvisation prend alors la forme d'un dialogue avec soi-même, où l'interprète compose avec la persistance de ses propres gestes. Cette relation différée redéfinit la temporalité de la performance : le présent n'efface plus le passé, il le réactive, l'amplifie et le détourne, créant une dramaturgie sonore faite de retours, d'échos, et de strates mouvantes.

Ces traitements sont compatibles avec le protocole MPE (MIDI Polyphonic Expression) : les paramètres par notes (hauteur, pression, glissando) alimentent directement les modules décrits et élargissent le contrôle expressif, sans modifier la logique de routage. Ils ont notamment été utilisés avec le synthétiseur Osmose d'Expressive-E lors de la création d'*Umwelt*, aussi bien en studio que sur scène.

Le routage interne repose sur trois matrices distinctes — entrées, interne, sorties. Elles déterminent l'organisation des chaînes d'effets (un module pouvant en alimenter un autre), les points de renvoi vers des boucles, ainsi que les destinations finales vers des synthétiseurs logiciels ou matériels. Cette architecture modulaire assure une grande souplesse dans l'articulation des traitements et permet d'adapter en temps réel les configurations selon les besoins de la performance (figure 139).

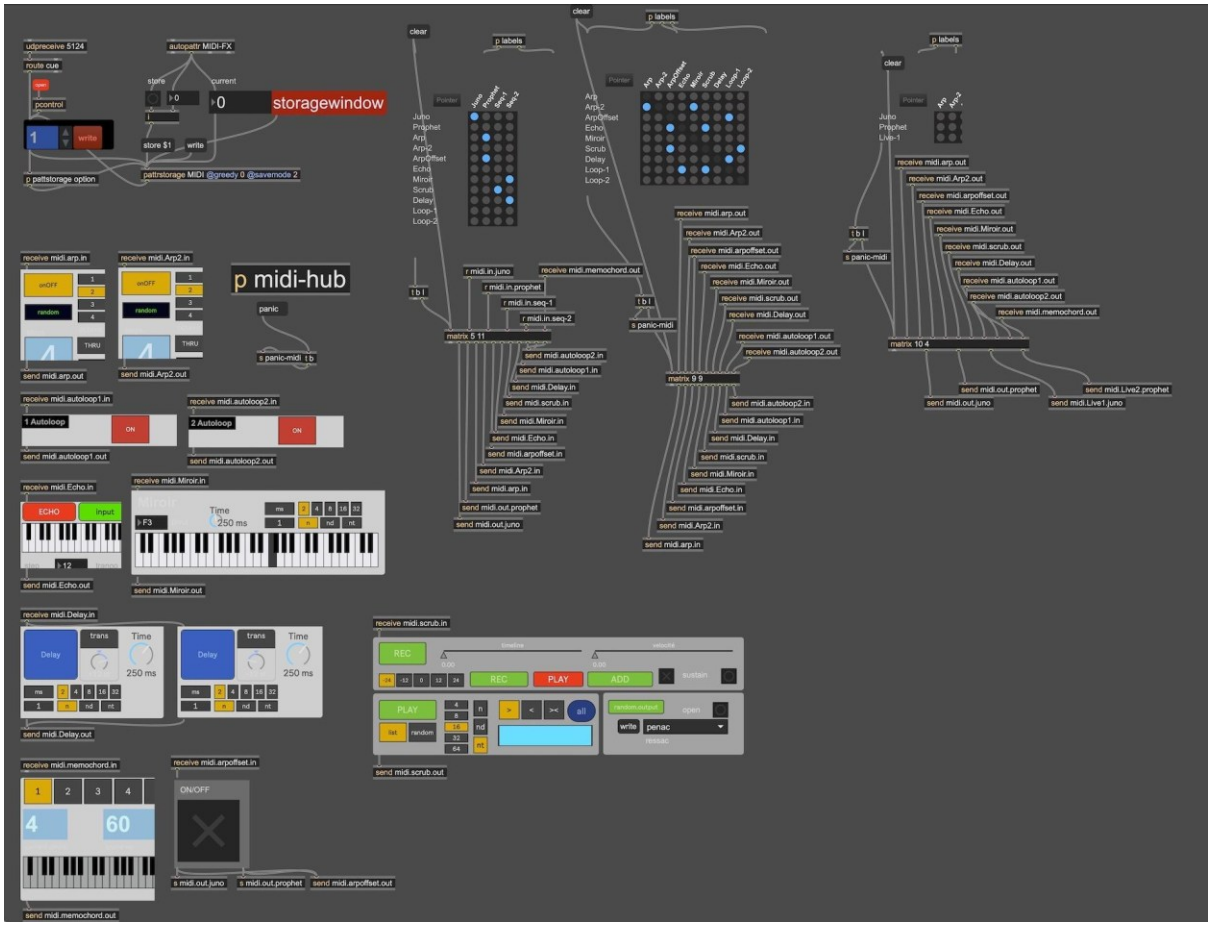


Figure 139 : Le patch de performance midi en vue édition qui présente l'organisation des chaînes de traitement par les matrices configurables des flux MIDI, Max 9. Maxence Mercier (2023).

Le contrôle des opérations de traitement est assuré par deux interfaces complémentaires : d'une part une interface tactile sur iPad utilisant le logiciel Mira ou TouchOSC (selon le projet), d'autre part des contrôleurs MIDI matériels classiques (notamment le BCF 2000).

L'interface iPad privilégie une répartition lisible des paramètres afin de permettre un pilotage proprioceptif, sans surcharge visuelle. Elle donne accès à la gestion des niveaux des pistes audio et MIDI. Sous les faders de volume, des curseurs compacts sont dédiés au réglage de l'azimut des groupes instrumentaux, permettant ainsi un contrôle direct de leur positionnement dans l'espace.

Figure 140 : Interface de mixage des sources MIDI sur iPad avec Mira et Max. Les contrôleurs Max et Live sont accessibles depuis la même interface tactile, elle-même reliée à des contrôleurs physiques. Maxence Mercier (2023).

La figure 140 montre l'interface tactile manipulable depuis un iPad disposé sur le piano. Les paramètres de mixage sont doublés sur deux contrôleurs MIDI afin de rester accessibles à la fois depuis le piano et depuis les synthétiseurs physiques. L'ensemble des contrôleurs linéaires permet d'ajuster le volume ou la dynamique associés aux flux de notes MIDI. Ici, les flux audio et MIDI sont traités de manière indifférenciée, mais ils ne se dupliquent pas. Le piano, joué en temps réel, ne génère pas de flux MIDI.

En MIDI, à droite sur l'interface Ipad :

- pistes de basses,
- leads,
- leads alternatifs,
- sons pluck,
- solos monophoniques caractérisés par les legato/portamento propres à ces synthétiseurs,
- pads
- batterie
- effets additionnels (arpégiateur, module de granulation midi, chaine de délais)

En Audio, à gauche sur l'interface Ipad :

- piano
- effet analogique du piano (tremolo, stéréo, disto et compresseur)
- Prophet
- Juno
- Osmose
- Groupe de traitement spatialisé 1
- Groupe de traitement spatialisé 2
- Groupe de traitement spatialisé 3
- Groupe de traitement spatialisé 4

La spatialisation est assurée par Sound Trajectory. Une interface tactile, accessible depuis l'iPad (figure 141), permet de déplacer dans l'espace soit le listener, soit une source instrumentale (basse, lead 1, lead 2, pluck, solos, pads, drums, etc.). La position est définie sur un plan 2D (XY), complété par deux curseurs : l'un règle l'orientation de la source (azimut, c'est-à-dire la direction vers laquelle elle pointe par rapport au point d'écoute), l'autre, son élévation — ajoutant ainsi la troisième dimension dans un espace cartésien (XYZ).

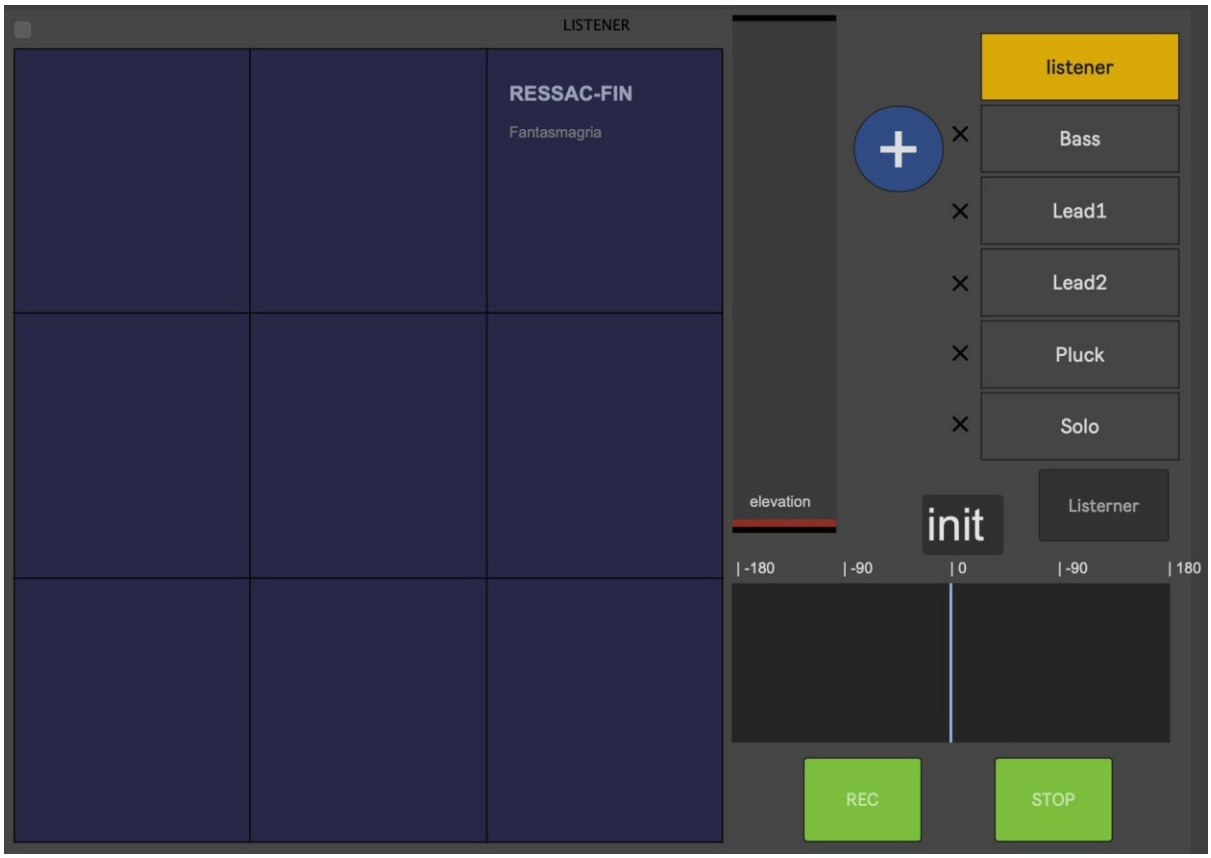


Figure 141 : Interface tactile pour interpréter la position des sources ou du listener dans Sound Trajectory depuis l'Ipad. interface Mira depuis Max 9. Maxence Mercier (2023).

Deux boutons supplémentaires, Rec et Stop, contrôlent l'enregistrement et la relecture. Ils permettent de capturer en temps réel les gestes effectués sur l'interface et de les répéter en boucle,

sans limite prédéterminée de durée. Un paramètre dédié permet d'ajuster la vitesse de reproduction : un geste bref peut ainsi être étiré sur plusieurs minutes, tandis qu'une automation longue peut être comprimée en quelques secondes. Les mouvements de spatialisation (déplacement des sources ou du listener) et les variations de paramètres associés (effet Doppler, atténuation par la distance, niveaux de réverbération sur l'ensemble des sources) peuvent de cette manière être enregistrés, puis réinterprétés selon les fonctions des besoins de la performance.

L'interprétation se construit ainsi dans l'articulation entre jeu instrumental, transformations MIDI, et diffusion spatiale — formant un continuum rendu possible par l'interface de l'ensemble des instruments logiciels du dispositif (workflow).

12.4.3 Improvisation semi-supervisée, cadre formel

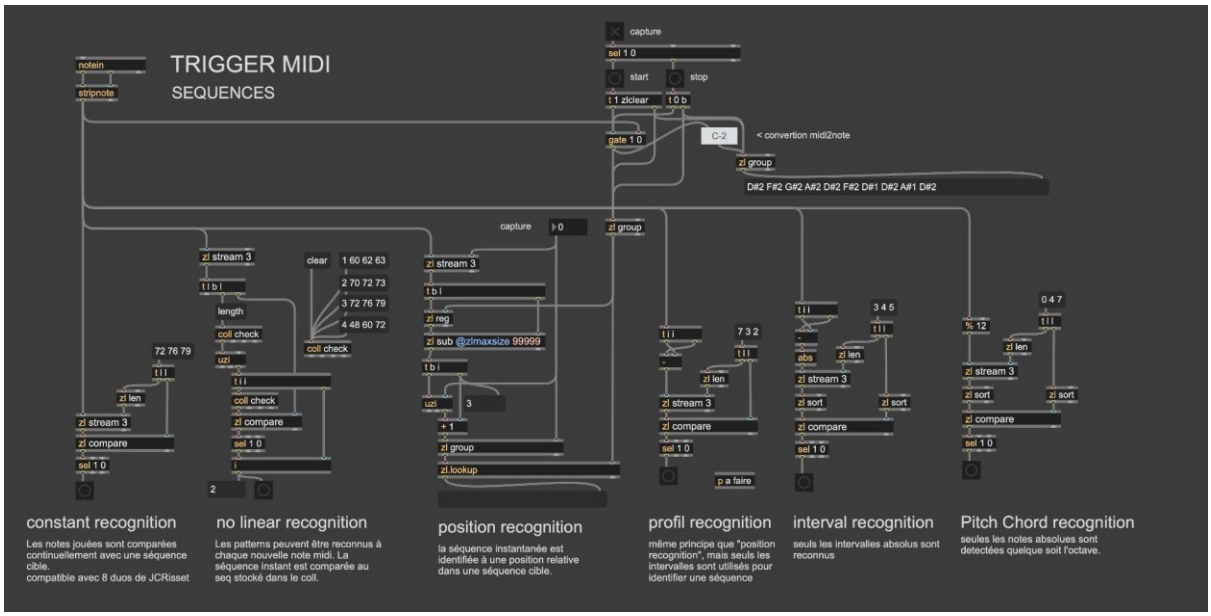


Figure 142 : Méthodes de détection de séquences de notes pour déclencher une action. Maxence Mercier (2023).

Le patch Max présenté sur la figure 142 regroupe les fonctions utilisées pour détecter des séquences de notes et déclencher des événements en cours de jeu, sans nécessiter la manipulation d'une autre interface que le clavier MIDI d'un synthétiseur ou d'un Disklavier. Les méthodes de détection mises en œuvre reprennent les principes déjà explorés par Jean-Claude Risset dans ses *Duos pour un pianiste*, mais elles sont ici considérablement étendues : il ne s'agit plus seulement de reconnaître la répétition de notes ou leurs combinaisons dans un accord, mais d'identifier des séquences entières. Les clés de détection sont multiples et peuvent être intégrées aussi bien dans un contexte d'improvisation que dans l'écriture de musique mixte.

Ce patch est conçu pour analyser en temps réel un flux MIDI provenant d'un clavier ou de toute autre source générant des notes. Il regroupe les fonctionnalités employées dans le système temps réel de la performance pour reconnaître des séquences ou des motifs spécifiques.

L'entrée *notein*, combinée à stripnote, permet de récupérer uniquement les événements note-on et d'écarter les relâchements, garantissant une analyse focalisée sur l'attaque des notes. Dès

ce stade, le signal est dupliqué vers plusieurs modules spécialisés (qui en pratique sont implémentés ou activés en fonction des besoins), chacun appliquant un algorithme de reconnaissance différent. L'architecture parallèle est donc représentée ici uniquement dans un but illustratif. Les différentes méthodes permettent d'obtenir des modalités de détection spécifiques au besoin compositionnel. Ces méthodes sont une extrapolation des méthodes mises en œuvre par Jean-Claude Risset pour ses *Duos pour un pianiste* avec le Disklavier en 1989.

Constant recognition

Le premier mode, dit de reconnaissance constante, compare en continu les notes jouées à une séquence cible pré-enregistrée dans un objet *coll*. À chaque note entrante, la séquence courante est évaluée et, en cas de correspondance exacte, un signal est envoyé vers la sortie. Ce mode est utile pour déclencher un événement précis dans la composition dès qu'un motif bien défini est exécuté, par exemple lancer une bande-son, activer un effet, ou changer l'espace de spatialisation.

No linear recognition

Le mode non-linéaire élargit la tolérance en permettant la reconnaissance d'un motif, indépendamment de sa position dans la séquence globale. Chaque nouvelle note est comparée à toutes les séquences enregistrées, ce qui permet de détecter un fragment même s'il apparaît en milieu ou en fin d'un flux mélodique. Ce procédé peut servir, par exemple, à activer une section d'accompagnement harmonique — dès qu'un fragment caractéristique est repéré — sans imposer à l'interprète de le jouer à un moment précis.

Position recognition

Le mode de reconnaissance par position s'appuie sur la localisation relative de la séquence dans une structure plus longue. L'algorithme identifie la place du motif dans la séquence cible, et déclenche des processus en fonction de cette position. Cela permet d'organiser des réponses musicales évolutives, par exemple faire varier progressivement le timbre ou la densité sonore selon que l'on se trouve au début, au milieu ou à la fin du motif global.

Profil recognition

Le mode profil reprend le principe précédent mais ne conserve que les intervalles entre notes, ignorant les hauteurs absolues. Cette abstraction rend la reconnaissance indépendante de la tonalité, permettant par exemple de déclencher un effet ou un accompagnement basé sur la forme mélodique plutôt que sur la tonalité exacte. Dans un contexte de performance réactive, cela peut servir à transposer dynamiquement des accompagnements tout en conservant la relation intervallique.

Intervals recognition

La reconnaissance d'intervalles absolus isole les distances en demi-tons entre notes, et compare cette information à un modèle pré-établi. Ici, l'ordre des notes n'est pas nécessairement pris en compte. Ce mode se prête bien à la détection de gestes mélodiques ou de figures rythmiques spécifiques, pouvant déclencher des traitements sonores comme des délais ou des réverbérations ciblées lorsqu'un intervalle particulier est joué.

Pitch chord recognition

Le module de reconnaissance d'accords par hauteurs absolues normalise toutes les notes en classes de pitch (% 12) pour détecter un accord indépendamment de l'octave. Cette méthode permet, par exemple, de déclencher un accompagnement harmonique spécifique dès qu'un accord de type majeur ou mineur est joué, quelle que soit sa position sur le clavier. Dans un environnement immersif, cela peut servir à piloter la spatialisation ou l'éclairage scénique en fonction des accords produits.

Enfin, la présence de fonction de capture de flux MIDI permet à l'interprète d'enregistrer à la volée de nouvelles séquences ou accords de référence, modifiant ainsi le comportement du système en temps réel. Cela rend possible une composition véritablement réactive, où l'interprète peut non seulement déclencher des processus, mais aussi redéfinir à tout moment les motifs déclencheurs. Ainsi, le patch devient un outil flexible pour la gestion de structures musicales interactives, allant de la simple activation de séquences pré-composées, jusqu'au contrôle fin de transformations sonores et spatiales en direct.

12.4.4 Le MIDI dans l'ensemble

Le réseau MIDI mis en place pour *Out of Sight* ne fonctionne pas comme une simple chaîne de déclenchements, mais comme une infrastructure souple reliant différents niveaux de la performance : gestion des séquences, reconnaissance de motifs, transformations en temps réel, et projection spatiale. Ableton Live fournit un cadre structurant, qui reste ouvert grâce aux extensions développées en Max. Ces outils assurent un routage dynamique, où chaque flux peut être détourné, mémorisé, transformé, ou redistribué selon le jeu.

Les modules décrits (retards, miroirs, échos, autoloops, mémoires d'accords, systèmes de reconnaissance) établissent une continuité entre geste instrumental et processus automatisés. Ils introduisent une mémoire active, permettant de superposer des couches issues du jeu en direct et de prolonger l'action dans le temps. L'interprétation ne repose donc pas sur une partition figée, mais sur une circulation permanente entre présence et rémanence, entre immédiateté et transformation différée.

En intégrant ces logiques au protocole MPE, au pilotage tactile et aux matrices de routage, le système devient un véritable espace de jeu distribué. Le geste instrumental, la transformation MIDI et la spatialisation sonore se trouvent articulés dans un même continuum, le dispositif

devient ainsi un lieu où l'analyse et le jeu cohabitent, où chaque séquence jouée peut à la fois déclencher, transformer, et nourrir l'architecture de la performance.

12.5 Corpus des pièces musicales

L'écriture harmonique des pièces présentées pour cette performance ne constitue pas en soi un objet de discussion dans ce chapitre. Les partitions sont disponibles en annexes, mais l'essentiel était de décrire le dispositif dans lequel elles prennent place sur scène. Pour comprendre l'articulation entre partition électronique, patchs Max et Sound Trajectory, l'étude des fichiers de session révèle des logiques qui dépassent ce qui peut être exposé ici. Ce type d'écriture s'auto-décrit en grande partie par ses propres fonctionnements, mais il reste difficile à démontrer par le seul texte ou par des captures d'écran : le système ne prend son sens que dans la dynamique de la performance.

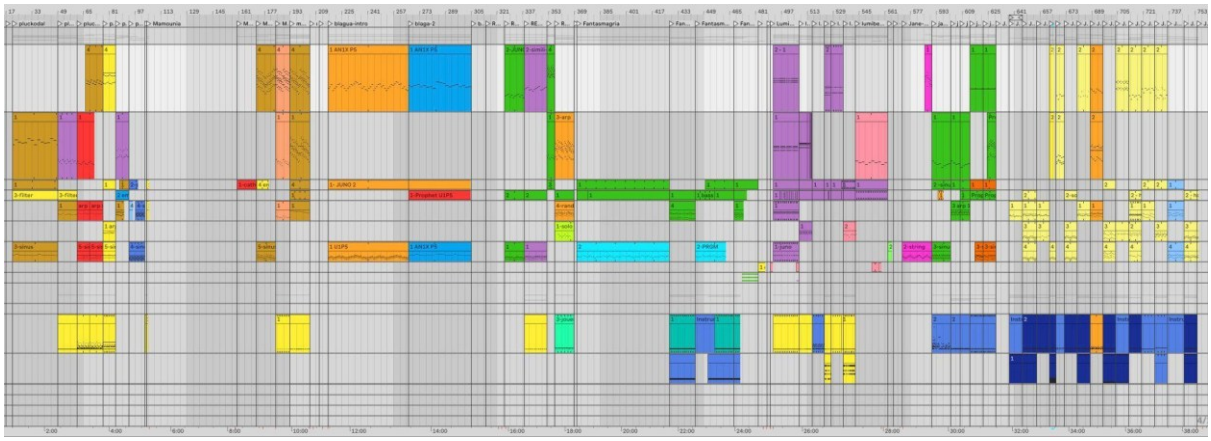


Figure 143 : La session Live, comportant les séquences MIDI. Maxence Mercier (2023).

La session Live représentée sur la figure 143, rassemble les réservoirs harmoniques et rythmiques de chaque piste sous forme de potentiels à activer. D'une exécution à l'autre, le rendu varie donc selon le jeu et l'improvisation de l'interprète, dans l'espace de liberté qu'il s'est lui-même fixé.

La figure 144 propose une lecture analytique sous forme de spectrogramme global (en haut) et de matrice d'autocorrélation FFT (en bas). Le spectrogramme permet d'identifier la répartition fréquentielle et l'évolution énergétique des pièces au fil du temps, tandis que l'autocorrélation met en évidence les redondances, symétries et transitions. Les titres portés au-dessus du graphe (intro, écho, Give, Pluckodal, Mamounia, Mifano, Ressac, Fantasmagria, Impro, Lumibéo, Liberil, Jane) correspondent aux sections de la performance et permettent de suivre leur enchaînement. Ce dispositif visuel rend compte de la continuité et des ruptures formelles, tout en offrant un aperçu de la structure globale de la performance.

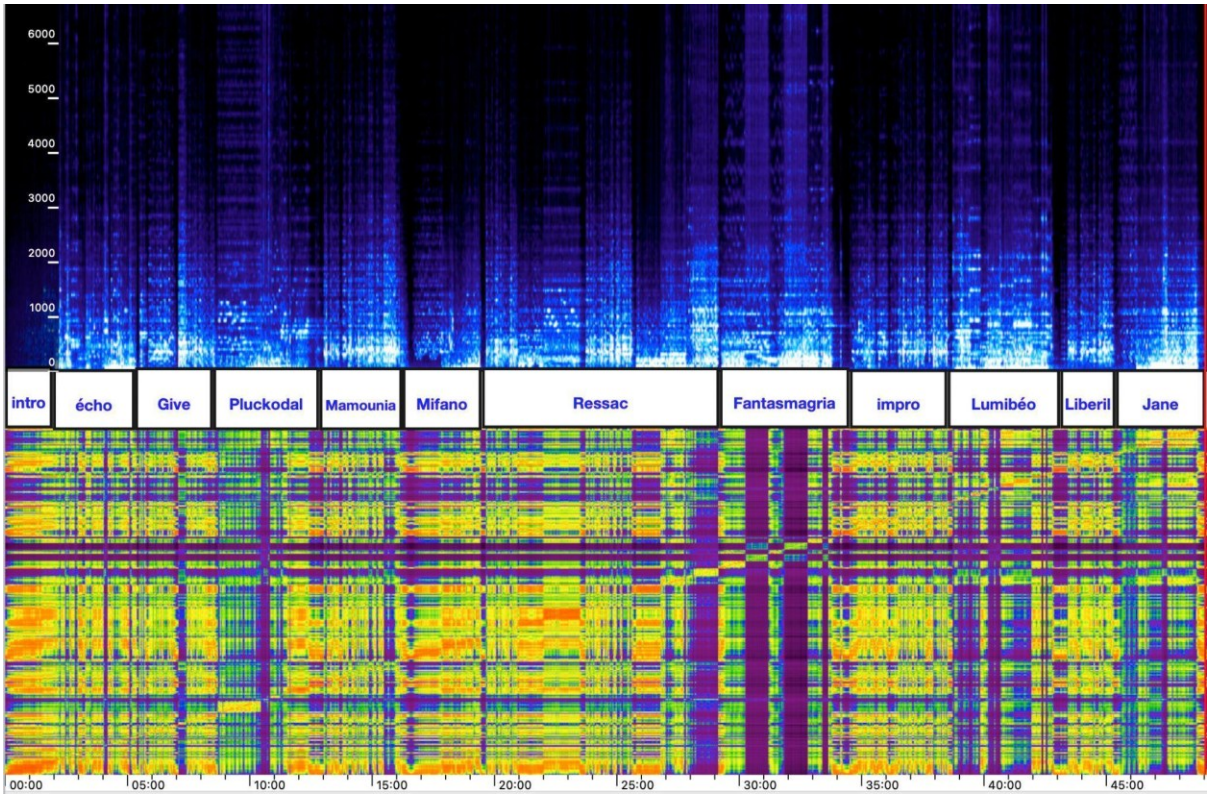


Figure 144 : représentation spectrale de la performance d'*Out of sight* (2023), les différentes pièces sont annotées par leurs titres, FFT et Matrice d'autocorrélation sur FFT (paramètres d'analyse : fenêtre de 8192 samples avec un recouvrement de 75 %, type de fenêtre Hanning) iAnalyse5, Maxence Mercier (2025).

Une vidéo du concert complète ces documents et montre l'importance des interfaces, où la plupart des ajustements de spatialisation sont effectués[534], tandis que Sound Trajectory automatise une partie des processus décrits au chapitre qui lui est consacré.

Cette performance a été créée au début du doctorat, dès la première année. Elle n'a pas été rejouée depuis, mais sera reprise et développée dans les années à venir. Le lecteur est invité à se reporter aux documents annexes et aux ressources disponibles, qui pourront actualiser et prolonger cette section du travail de recherche-création.

12.6 Conclusion

La performance *Out of Sight* occupe une place charnière dans le parcours de cette recherche-création. Elle ne doit pas être envisagée comme une œuvre isolée, mais comme une mise à l'épreuve de plusieurs hypothèses théoriques et pratiques sur la spatialisation et l'écriture musicale. Les dispositifs mobilisés — réseau MIDI distribué, patchs Max pour la mémoire et la transformation des gestes, protocoles MPE, interface tactile, spatialisation automatisée par Sound Trajectory — traduisent de manière concrète les questionnements exposés dans les cha-

[534] ROGER, Philippe. « Maxence Mercier Performance @Cannes-Campus MÉLIÈS » Mai 2023 https://youtu.be/5akLGX5FJHM?si=c_WIndQG-u540ywL (consulté le 24 août 2025)

pitres théoriques : comment l'espace devient un paramètre d'écriture, et comment l'instrumentation élargie par l'électronique peut-elle intégrer l'improvisation, la mémoire et la projection spatiale dans un même continuum interprétatif ?

12.6.1 Héritages et prolongements

Cette démarche s'inscrit dans une lignée identifiable. L'influence de Jean-Claude Risset et de ses expérimentations sur le Disklavier est manifeste dans les modules de miroir, d'écho et de reconnaissance de motifs. *Out of Sight* étend ces logiques à la détection de séquences entières et à leur redistribution spatiale, ouvrant la voie à des mécanismes d'improvisation semi-supervisée qui se prolongent ici dans un contexte électronique où la spatialisation n'est plus seulement pré-écrite, mais pilotée en temps réel par des processus automatiques et des interfaces gestuelles. Loin d'une simple citation historique, cette appropriation propose une extension des modèles vers une pratique où la modularité logicielle et les protocoles interactifs deviennent des composantes essentielles à l'écriture de la spatialisation.

12.6.2 Une combinatoire polystilistique

L'un des apports de *Out of Sight* à ma propre pratique réside dans son éclectisme assumé : il s'agit d'une œuvre polystilistique où coexistent des pièces pour piano, des séquences électroniques réactives, et des modules de synthèse analogique — le tout articulé dans un espace immersif. Cette combinatoire brouille les frontières entre genres et registres : la pulsation héritée de l'electronica dialogue avec les textures issues de la musique mixte, tandis que les processus génératifs rappellent certaines pratiques de l'improvisation libre. L'intérêt n'est pas seulement esthétique : il permet de tester le dispositif dans des configurations contrastées et d'observer comment les modules de mémoire, de déclenchement et de spatialisation réagissent à ces matériaux. Ce caractère polystilistique constitue un apport propre à ma démarche, qui ne vise pas à produire une esthétique unifiée, mais à mettre en tension différentes traditions pour éprouver la robustesse des outils développés au-delà du laboratoire dans la tension du live.

12.6.3 L'écriture comme activation de potentiels

Un autre apport à ma pratique personnelle de la performance est d'avoir éprouvé une écriture pour le live conçue non pas comme un déroulement linéaire mais comme l'activation de potentiels. La session Ableton Live rassemble des « réserves formelles » activables en situation. Les patchs Max prolongent cette logique en introduisant une mémoire immédiate du geste, où chaque fragment peut être capturé, rejoué, transformé et redistribué.

Le véritable apport de cette performance à la création réside dans l'intégration de Sound Trajectory comme outil permettant d'inscrire les gestes instrumentaux et électroniques dans l'espace, en automatisant certains paramètres tout en laissant à l'interprète la possibilité de détourner ou de redessiner la trajectoire en temps réel. Cette approche n'est pas née ex nihilo : elle a été préparée bien en amont, notamment à travers les performances pour *Le Synesthésium* et *Le*

cauchemar merveilleux de Léonore Mercier et Arthur H, qui ont constitué un terrain d'expérimentation privilégié. L'article Sound Trajectory *en pratique live*, publié aux JIM en 2023, revient d'ailleurs en détail sur ces gestes, dont les racines remontent dès 2015 aux premières expérimentations spatiales menées avec le *Synesthésium*.

Out of Sight marque cependant une étape décisive : il s'agit de la première performance en concert où ces techniques sont mobilisées dans le cadre d'un programme de pièces partiellement écrites avec instruments acoustiques et électroniques, et non plus uniquement dans un contexte d'improvisation ouverte ou d'interprétation exclusivement électroacoustique. Cette formalisation progressive s'inscrit dans la continuité de trois expériences préparatoires : les concerts sous dôme à Fribourg, l'enregistrement multipiste au studio Novasound à Lausanne, et la performance immersive au GMEM à Marseille. Ces jalons ont permis de stabiliser un instrumentarium, de tester des configurations immersives, et d'affiner une méthodologie où écriture et improvisation s'affirment dans la diffusion spatiale. L'écriture apparaît dès lors comme un champ de possibles où coexistent immédiateté et rémanence, improvisation et automatisme, geste singulier et dramaturgie spatiale.

12.6.4 Une méthodologie transposable

Au-delà de la pièce elle-même, l'un des enjeux de *Out of Sight* est de proposer une méthodologie reproductible. Les modules développés — autoloops, mémoires d'accords, reconnaissances de motifs, systèmes de spatialisation — ne sont pas liés à une esthétique particulière. Ils pourraient être appliqués à d'autres instruments, d'autres styles ou d'autres contextes. Leur mise à disposition en annexe participe de cet objectif : permettre à d'autres musiciens, chercheurs ou étudiants de rejouer, détourner ou prolonger ce travail. L'apport à la connaissance se situe donc moins dans le résultat musical ponctuel que dans la constitution d'une boîte à outils transférable, documentée et ouverte, qui sera rendue disponible dans le dépôt héritage software de Hal, dans la continuité de la version 2 de Sound Trajectory qui est déjà déposée[535].

12.6.5 Un apport à la recherche-création en musique

Enfin, *Out of Sight* illustre ce qui fait la spécificité de ma démarche de recherche-création : la pratique n'est pas ici un simple objet d'étude, mais la source même de la réflexion théorique. Les concepts de spatialisation, de mémoire active et d'écriture distribuée, discutés dans les chapitres précédents, ont été suscités par l'expérience de la performance, puis reformulés pour en prolonger la portée. En retour, l'élaboration théorique a permis de situer ces expérimentations dans une histoire des pratiques spatialisées et d'en dégager les enjeux actuels. Cette circularité de la pratique vers la théorie, et de la théorie vers la pratique (recontextualisée aux pratiques lives), constitue un des apports de ce chapitre.

---

[535] MERCIER, Maxence, *Sound Trajectory* version 2. *Dépôt software héritage*, Hal, 2023, ⟨swh:1:dir:baf561e7448d729ef54b94e94d333f4eea6ccac0;origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04950075;visit=swh:1:snp:2b673e52ec0ecf5504aed1d2edb65705605eff87;anchor=swh:1:rel:8a95caa40fa24528d3e5350efc715d1cbbf2467a;path=/⟩. ⟨hal-04950075⟩

12.6.6 Conclusion générale

Out of Sight doit être lu comme une étape inaugurale. Si d'autres projets ultérieurs comme *Umwelt* ou *Beyond Sea Skin* en approfondissent certains aspects (dramaturgie spatiale, bioacoustique, orchestration immersive), c'est ici que les principes fondateurs ont été éprouvés : spatialisation comme paramètre d'écriture, hybridation polystilistique assumée, partage des outils en tant que ressources transmissibles.

Le titre lui-même en donne une clé : *Out of Sight* signifie « hors de vue », ce qui renvoie à un double enjeu. D'une part, l'affirmation que cette musique ne se réduit pas à ses représentations visuelles (partitions, spectrogrammes, interfaces), mais qu'elle prend son sens dans l'expérience immersive, dans ce qui se vit et s'entend plutôt que dans ce qui se montre. D'autre part, il suggère un déplacement vers ce qui échappe au regard immédiat : une écriture qui se développe dans l'invisible du geste et de la mémoire, et qui ne se révèle qu'à travers l'écoute et la dynamique de la performance.

Chapitre 13 *Umwelt*

Politiser le haut-parleur contre l'amnésie environnementale[536]

Mélia Roger[537]

13.1 Introduction

Umwelt se présente comme la création centrale et le point de convergence de ma démarche de recherche-création doctorale, une démarche dédiée à l'écriture de la spatialisation sonore et à ses implications esthétiques, écologiques et perceptives. Plus qu'une simple composition, je l'ai conçue comme un dispositif d'écoute, une narration sonore et une proposition éthique, cherchant à sonder les relations complexes qui unissent l'activité humaine, la technologie et les mondes sonores non-humains. Ce chapitre propose une analyse approfondie de cette œuvre, en la situant au croisement de la pensée écologique contemporaine, des pratiques de l'art sonore, et des méthodologies de la recherche par la pratique. La problématique qui la traverse est la suivante : comment la composition musicale, en mobilisant les technologies de captation et de spatialisation, peut-elle dépasser la simple représentation de la nature pour devenir un véritable lieu de médiation sensible, capable de reconfigurer notre écoute et notre conscience du vivant ?

Pour répondre à cette question, je soutiendrai la thèse selon laquelle *Umwelt* opère une « synthèse sonore symbiotique[538] ». Ce concept, qui a infusé au fil de ce travail, désigne une approche compositionnelle qui ne cherche ni à imiter la nature, ni à l'utiliser comme un simple réservoir de matériaux, mais à « faire œuvre avec elle ». Il s'agit d'orchestrer la coexistence de régimes sonores hétérogènes — captations bioacoustiques, paysages sonores, écriture instrumentale, improvisation et traitements électroacoustiques — au sein d'un même milieu perceptif et immersif. Mon approche se définit comme « symbiotique » dans la mesure où elle s'appuie sur une éthique de l'interdépendance et de l'agencement, en référence aux équilibres observés dans les écosystèmes naturels. Elle prend notamment appui sur l'hypothèse de la niche acoustique[539] formulée par Bernie Krause (2013) et s'inscrit dans la perspective d'une ère relationnelle que Glenn Albrecht (2020) théorise sous le terme de « Symbiocène[540] ».

---

[536] ROGER, Mélia. « Vers l'audio-post-naturalisme », communication, *séminaire Bioacoustique/Électroacoustique*, St-Etienne, 2025 https://youtu.be/fhNcUgFl5qE?si=y9Kcu4LSZHJKmLYO (consulté le 24 août 2025)

[537] https://www.meliaroger.com/

[538] MERCIER, Maxence. « Préambule à une synthèse sonore symbiotique », Tripinlab, 2024, https://www.tripinlab.com/synthese-symbiotique/ (consulté le 10 juillet 2025)

[539] KRAUSE, Bernie. *The Great Animal Orchestra: Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Boston: Little, Brown and Company, 2012, 288p.

[540] ALBRECHT, Glenn. *Earth Emotions: New Words for a New World*. Ithaca, NY: Cornell University Press., 2019, 256p.

Ma démarche est indissociable d'une posture méthodologique de « création-recherche ». Contrairement à une approche où la recherche précède et cadre la création, le processus d'*Umwelt* a suivi une temporalité inversée : ma pratique exploratoire, mes expérimentations de terrain et mon geste compositionnel intuitif ont précédé et suscité, dans un second temps, la nécessité d'une formalisation théorique et analytique. Cette méthode, fondée sur l'émergence et la réflexivité, me permet de produire un savoir situé, une « validité écologique » ancrée dans les conditions concrètes de la création des processus compositionnels[541].

Ce chapitre s'attachera à déplier les multiples strates de cette œuvre. Je débuterai par l'exploration des influences théoriques et philosophiques qui l'irriguent, du concept d'*Umwelt*[542] de von Uexküll (1921) à l'écosophie de Guattari (1989). J'analyserai ensuite la narration dramaturgique opérée sur un corpus de captations associé à un territoire qui est une sorte de cartographie sonore des milieux rencontrés, traversés pour la plupart avec les appareillages du Field recording, de la bioacoustique, et de quelques expérimentations opportunistes de configuration microphoniques (l'essentiel des prises de son ayant eu lieu lors des confinements de 2021).

Puis, je détaillerai mon processus de composition, montrant comment la synthèse symbiotique articule le dialogue entre la trame électroacoustique et le jeu instrumental. Une part essentielle de l'analyse sera consacrée à la poétique de l'espace mis en œuvre, en décryptant les dispositifs de spatialisation mobilisés pour transformer l'écoute en une expérience immersive. Je montrerai comment les principes de valorisation de la bioacoustique ont été transposés en stratégies esthétiques pour structurer la pièce. Enfin, j'examinerai la vie de l'œuvre au-delà de sa création, en tant qu'archive active et dispositif favorisant une « hospitalité esthétique » auprès du public. À travers cette analyse, *Umwelt* apparaîtra non comme un objet fini, mais comme un écosystème sonore en mouvement, ma contribution à une écologie des formes artistiques attentive à la fragilité des milieux et aux puissances du sonore comme révélateur de nos rapports au monde.

13.2 Fondements théoriques et philosophiques pour penser l'écologie sonore au-delà du paysage

La composition d'*Umwelt* est profondément nourrie par un ensemble de lectures et de réflexions issues de la philosophie, de l'écologie et des sciences humaines, qui ont façonné mon écoute et orienté mes choix esthétiques. Si ces références textuelles ne sont pas explicitement citées dans l'œuvre, elles en constituent le soubassement invisible, la structure intellectuelle qui lui donne sa cohérence et sa portée. Cette partie vise à expliciter ce cadre théorique comme le terreau fertile d'où a germé ma pratique.

---

[541] DONIN, Nicolas. « Vers une musicologie des processus créateurs ». Revue de Musicologie 98, no. 1, 2012, p. 5-14.

[542] VON UEXKÜLL, Jacob. *Umwelt und Innenwelt der Tiere*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1921, 182 p.

13.2.1 L'Umwelt de von Uexküll comme paradigme perceptif

Le titre même de l'œuvre, *Umwelt*, est un hommage direct au concept formulé par le biologiste et philosophe Jakob von Uexküll. Uexküll postule que, bien que différentes espèces coexistent dans un même environnement, chacune l'interprète à travers une perception unique, créant ainsi des « mondes propres » (*Umwelten*) basés sur des modalités sensorielles spécifiques. Une cigale dans un pin, un petit-duc dans un chêne-liège, ou une chauve-souris en chasse ne partagent pas le même monde ; chacun vit dans sa propre réalité perceptive, avec des héritages culturels ou évolutionnaires distincts.

Cette pluralité des mondes m'a toujours fasciné et a constitué le défi central de la pièce : comment rendre compte de cette hétérogénéité radicale ? Mon ambition n'a pas été de traduire ou de simuler ces perceptions, ce qui serait une gageure, mais de créer un espace sonore où ces réalités pourraient se rencontrer et dialoguer. J'ai la conviction que la musique, par sa nature abstraite et sa puissance d'évocation, est en mesure de rapprocher ces environnements, de tisser des ponts entre des univers sonores habituellement inaccessibles les uns aux autres. *Umwelt* est donc une exploration télescopique de ces différents univers sonores, une tentative de faire communiquer ces mondes par une poésie sonore apte à susciter des émotions singulières.

13.2.2 L'écosophie de Guattari : Les trois écologies en acte

Le concept d'écosophie de Félix Guattari élaboré dans *Les Trois Écologies* (1989) a été une invitation à dépasser une vision purement environnementaliste de l'écologie pour articuler ensemble trois registres[543] : l'écologie environnementale (le rapport à la nature), l'écologie sociale (le rapport aux autres) et l'écologie mentale (le rapport à soi-même et à sa propre subjectivité). J'ai conçu *Umwelt* comme un dispositif esthétique écosophique en ce sens. L'œuvre tisse des « sons de la nature », mais cherche à construire des conditions d'écoute qui engagent l'auditeur simultanément sur ces trois plans :

Environnemental : par l'immersion dans des paysages sonores d'une grande richesse, l'œuvre sensibilise à la complexité et à la fragilité des écosystèmes.

Social : en faisant cohabiter dans un même espace le chant d'un cachalot, le bruit d'un moteur et la note d'un violoncelle, la pièce questionne les relations de pouvoir, les interférences et les coexistences possibles entre les différents « actants » sonores.

Mental : par son pouvoir immersif et sa dramaturgie, la pièce agit sur les affects de l'auditeur, modulant son attention, ses émotions, et l'invitant à une forme d'introspection sur son propre rapport au monde sonore.

Pour Guattari, ce ne sont pas les objets, mais les « agencements de subjectivité » qui produisent la cohérence d'un territoire sensible. *Umwelt* est précisément un tel agencement, un milieu où l'écoute est une expérience relationnelle.

---

[543] GUATTARI, Félix. *Les Trois écologies*. Paris, Galilée, 1989, 73 p.

13.2.3 Du « grand orchestre animal » au « symbiocène »

Mon travail s'inscrit dans le sillage de pionniers comme le bioacousticien Bernie Krause. Son concept de « grand orchestre animal », exposé dans son ouvrage éponyme (2013), montre comment, dans un écosystème sain, les espèces se répartissent l'espace acoustique pour éviter les interférences, chaque son occupant une « niche » fréquentielle et temporelle spécifique. Cette vision d'une organisation systémique et quasi-musicale du monde sonore naturel est source d'inspiration fondamentale pour diriger mes arrangements compositionnels.

Cette idée d'harmonie écologique trouve un prolongement philosophique dans le concept de « Symbiocène », proposé par Glenn Albrecht dans *Earth Emotions* (2019). Face à l'ère destructrice de l'Anthropocène, Albrecht imagine une nouvelle ère fondée sur la reconnaissance des interdépendances et des relations symbiotiques entre tous les vivants. Il s'agit d'une vision où les activités humaines ne détruisent plus les écosystèmes mais les régénèrent.

Ma démarche de « synthèse symbiotique » est ma réponse de compositeur à cet appel. Je conçois la composition comme une tentative de préfiguration sensible de cet idéal. En faisant dialoguer des sons d'origines radicalement différentes, en les fusionnant dans un espace commun, je cherche à rendre perceptible la possibilité d'une cohabitation respectueuse, d'une interconnexion féconde. La musique devient alors le lieu d'une utopie concrète, une expérience où, l'espace d'un instant, l'ère symbiotique devient audible.

13.2.4 Héritage des soundscape studies

Mon travail est également profondément redevable aux contributions fondatrices du mouvement des soundscape studies. L'œuvre pionnière de R. Murray Schafer, en particulier dans son livre séminal *The Tuning of the World* [544], a établi le concept même de « paysage sonore » comme un champ d'étude et de composition. Son appel à une « écologie de l'écoute » résonne profondément avec mes propres objectifs artistiques. Cette fondation a été prolongée par Barry Truax, qui a insisté sur la dimension systémique du paysage sonore, analysant la manière dont les sons interagissent au sein d'un écosystème donné[545]. La théorie de « l'écoute écologique » de Truax a été un guide pour penser la relation dynamique de l'auditeur à son environnement sonore perçu. Enfin, c'est l'œuvre d'Hildegard Westerkamp qui m'a fourni un modèle direct pour la pratique artistique. Elle a transformé le soundwalk (la balade sonore) d'un simple exercice d'écoute en un puissant dispositif esthétique et narratif, une « recomposition poétique du monde sonore[546] ». L'idée que mon œuvre n'est pas une restitution fidèle mais une relecture active d'un monde sonore, lui donnant une forme et une lisibilité nouvelles, est directement héritée de son approche.

---

[544] SCHAFER, R. Murray. *The Tuning of the World*. New York: Knopf. 1977, 301 p.

[545] TRUAX, Barry. *Acoustic Communication (2e éd.),* Westport : Ablex Publishing, 2001, 266p.

[546] WESTERKAMP, Hildegard. « Soundwalking », dans A. Collins (ed.), *Soundscape Studies and Listening Perspectives*. 2007

13.2.5 Dialogues avec la pensée contemporaine

Cette démarche s'inscrit dans un dialogue plus large avec la pensée contemporaine qui cherche à repenser nos relations au monde. Elle fait écho aux travaux de Philippe Descola[547] visant à dépasser la grande séparation occidentale entre nature et culture, ainsi qu'à ceux de Bruno Latour sur les collectifs hybrides composés d'acteurs humains et non-humains[548]. Enfin, la pensée de Bernard Stiegler sur la technique comme pharmakon et sur l'importance de la mémoire exosomatique a nourri ma propre réflexion sur le rôle des outils d'enregistrement et de composition comme prothèses perceptives et mémorielles[549].

13.3 Le territoire comme partenaire : genèse d'un matériau sonore

L'œuvre *Umwelt* n'aurait pu voir le jour sans un rapport profond, patient et incarné au territoire qui l'a vu naître. Les sons qui la composent ne sont pas des échantillons anonymes téléchargés d'une banque de données ; ils sont les fruits d'un engagement personnel et d'une écoute de longue haleine, ancrés dans une géographie spécifique. Cette partie retrace la genèse de la matière première de l'œuvre, en montrant comment le territoire, loin d'être un simple décor, est devenu un partenaire actif du processus de création.

13.3.1 Une géographie de l'écoute : Le périmètre des Maures

Toutes les captations sonores de la pièce ont été réalisées dans un périmètre restreint d'environ dix kilomètres de rayon autour de mon lieu de résidence, sur les côtes varoises, à la lisière du massif des Maures. Ce choix n'est pas anodin ; il correspond à un espace d'une richesse écologique et topographique exceptionnelle. Sur quelques kilomètres, on passe de forêts à 600 mètres d'altitude en surplomb de la mer, au talus continental sous la mer qui plongera encore plus abruptement vers des abysses à près de 2000 mètres.

Ce territoire est un carrefour de biotopes : forêts méditerranéennes de chênes-lièges et de pins parasols, plaines agricoles, zones urbaines et portuaires, la mer Méditerranée, l'île de Port-Cros, premier parc national marin de France, créé en 1963. Cette stratification d'environnements — aérien, forestier, marin, urbain — m'a offert un réservoir de matériaux sonores d'une diversité inouïe, auquel j'ai eu accès par proximité à la fois physique, esthétique et scientifique de part des collaborations régulières avec le Conservatoire du Littoral (par le jardin du Rayol) et les Laboratoires de biologie marine et de bioacoustique de Toulon et Marseille.

---

[547] DESCOLA, Philippe. *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard, coll. Bibliothèque des sciences humaines. 2005, 640 p.

[548] LATOUR, Bruno. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. Paris : La Découverte, 1991, 216 p.

[549] STIEGLER, Bernard. *Dans la disruption. Comment ne pas devenir fou ?* Paris : Les liens qui libèrent. 2016

13.3.2 Le field recording comme pratique ethnographique

Mes pratiques de captation sonore s'articulent autour de deux régimes temporels distincts mais complémentaires. D'une part, elles s'inscrivent dans des protocoles inspirés de la bioacoustique scientifique, lesquels mobilisent des dispositifs d'écoute distribués sur des périodes de moyenne durée afin de documenter les variations saisonnières des environnements sonores. Ces protocoles, souvent associés à des réseaux de capteurs passifs, permettent de générer des corpus spatio-temporels riches, utiles tant à l'analyse éco-acoustique qu'à des formes d'écriture musicale se nourrissant de la morphologie acoustique des biotopes étudiés.

En parallèle, ma démarche se prolonge dans un geste plus instinctif, hérité de près de deux décennies de pratique de terrain non programmée, où le microphone devient l'extension d'un corps à l'écoute, disponible à l'émergence acoustique. Cette pratique s'apparente à une forme de « prise de son contingente », mobilisant une esthésie instantanée analogue à celle du photographe capturant une image furtive ; à ceci près que le médium sonore requiert une temporalité de pose étendue, impliquant un ancrage corporel plus profond dans le site d'enregistrement. Ce rapport au temps long de la prise induit une écoute active, une attente sensorielle, et par là même, une forme de cohabitation temporaire avec l'environnement sonore.

Ce double régime de captation — structuré d'un côté par des méthodologies scientifiques d'acquisition de données bioacoustiques, et de l'autre par une disponibilité perceptive improvisée — constitue le socle de ma démarche de composition contextuelle, dans laquelle la matière sonore collectée est traitée non comme un simple matériau brut, mais comme un vecteur de révélation d'interactions éco-sensorielles complexes. Ces prises de sons sont ainsi destinées à alimenter tant des processus analytiques (spectro-morphologie, détection de pattern, codage parcimonieux) que des stratégies de synthèse poétique au sein de dispositifs d'écoute immersifs.

Pour le corpus sonore d'*Umwelt*, ces démarches s'apparentent à une forme d'ethnographie sonore, une « veille » patiente et attentive. Armé de mon enregistreur et de mes microphones, j'ai parcouru ces lieux familiers à de multiples reprises, documentant les variations saisonnières, les cycles d'activité des espèces, les régularités comme les absences.

Cette approche m'a permis de construire une « mémoire acoustique des lieux ». Comme l'a montré l'ethnomusicologue Steven Feld (1990) dans son travail sur les Kaluli de Papouasie–Nouvelle-Guinée, la compréhension profonde d'un territoire sonore ne vient pas de la simple accumulation de sons, mais de l'immersion prolongée et de l'écoute répétée[550]. C'est cette fréquentation régulière qui permet de saisir la complexité des interactions et de repérer les transformations, parfois imperceptibles, qui affectent l'organisation sonore d'un écosystème. Les enregistrements issus de mes balades informelles, comme ceux réalisés durant le confinement

[550] FELD, Steven. *Sound and Sentiment: Birds, Weeping, Poetics, and Song in Kaluli Expression*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press. 1990 348 p.

de 2020 sur le cap Bénat, à Bormes-les-Mimosas dans le Var, sont devenus des indices précieux de ces dynamiques.

13.3.3 De l'archive brute à la palette compositionnelle

Ce n'est qu'à la faveur du projet *Umwelt*, amorcé lors d'une première résidence de création à Montréal en octobre 2023, que plusieurs milliers d'heures de captations sonores ont été extraits de leur inertie archivistique pour entrer dans un véritable processus de réactivation. Cette opération a nécessité un long travail de tri, d'écoute et de sélection, mobilisant une écoute critique au service d'une dramaturgie sonore en devenir.

Toutes les prises n'avaient pas vocation à être intégrées à la composition : certaines relevaient de la trace, du témoignage contextuel, mais ne résonnaient pas avec les intentions narratives de l'œuvre. Il ne s'agissait pas d'évaluer leur valeur intrinsèque, mais de repérer celles qui, par leur charge évocatrice, leur structure morphologique ou leur potentiel d'assemblage, pouvaient participer à un récit sensible.

La sélection, dès lors, relevait déjà d'un geste d'écriture : chaque son retenu changeait de statut, glissant de la captation contextuelle vers une fonction symbolique. Par un ensemble d'opérations de découpe, de nettoyage fréquentiel et de recontextualisation, ces fragments devenaient les unités élémentaires d'un langage sonore. Le corpus ainsi élaboré formait une sorte de partition cartographique, non linéaire, où chaque son agissait comme vecteur de trajectoire perceptive.

Invisible à l'écoute finale, ce travail préparatoire constitue pourtant l'armature de l'œuvre ; c'est lui qui assure la continuité entre l'origine écologique des sons et leur agencement esthétique, dans une logique d'activation sensorielle et de fiction perceptive.

13.4 Le processus de composition : Une esthétique symbiotique en action

Une fois la matière première sélectionnée et organisée, le cœur du travail compositionnel a consisté à l'agencer, à la transformer, et à la mettre en dialogue avec des éléments instrumentaux. Ce processus ne fut pas linéaire, mais itératif, fondé sur une articulation constante entre l'intuition du créateur, la rigueur de l'ingénieur, et la réflexivité du chercheur. Cette partie expose la méthodologie de « création-recherche » qui a guidé mon travail, ainsi que l'architecture concrète de l'œuvre.

13.4.1 La posture de « création-recherche » : une temporalité inversée

L'approche compositionnelle développée pour *Umwelt* s'inscrit délibérément dans une posture de création-recherche, et non dans celle plus institutionnellement consacrée de recherche-création. Ce renversement sémantique n'est en rien accessoire : il désigne une orientation méthodologique essentielle. Il ne s'est pas agi de conceptualiser en amont un cadre théorique qui

viendrait ensuite baliser une production artistique ; c'est bien l'acte de création, dans sa dimension empirique, intuitive, parfois opaque, qui a déclenché le besoin de formalisation a posteriori.

Autrement dit, la recherche ne précède pas ici la création — elle en découle. Ce sont les contingences du travail, les bifurcations de l'écoute, les accidents du montage, qui ont imposé l'émergence d'un discours critique. Cette dynamique inversée permet de maintenir une posture de disponibilité : une place réelle laissée à l'inattendu, à la matière, au doute productif. L'œuvre s'est développée de façon organique, portée par une écoute active des interactions entre matériaux, gestes techniques et dispositifs.

Mais cette liberté n'est pas celle de l'amateurisme. Elle s'appuie sur une décennie d'expérimentations, de collaborations et d'itérations méthodiques, dont les principes se sont peu à peu incorporés pour former une connaissance tacite, un système de repères souterrains mobilisé sans être toujours formalisé. Cette connaissance implicite — comme un organe invisible de l'intuition — rend possible une forme d'agilité compositionnelle. Elle autorise à suspendre le jugement analytique dans les phases initiales, à laisser émerger les formes sans les contraindre, avant de les interroger, de les déconstruire, ou de les redéployer dans une logique plus réflexive.

Cette posture, que des théoriciens comme Paulo de Assis et Michael Schwab[551] explorent, m'a permis de préserver une part essentielle d'intuition et de prise de risque. L'œuvre a pu se développer de manière organique, guidée par l'écoute active des matériaux et des effets produits. Bien sûr, ce processus ne s'appuie pas sur rien. Il est le fruit d'une décennie d'expériences qui, avec le temps, se sont intériorisées pour devenir ce que Michael Polanyi nomme une « connaissance tacite », un « organe implicite de l'intuition »[552]. C'est cette confiance, fondée sur un savoir incorporé, qui m'a permis d'aborder la composition avec une grande fluidité.

13.4.2 Une stratification compositionnelle : vers une écologie des couches actives

Le processus compositionnel d'*Umwelt* s'est articulé selon une série d'étapes interdépendantes, formant un continuum dans lequel chaque strate sonore contribue à l'élaboration d'un espace perceptif pluriel et dynamique.

Le socle électroacoustique

La première phase a consisté en l'élaboration d'une trame électroacoustique issue de mes archives de terrain. Loin d'être conçue comme une bande fixe ou un accompagnement subordonné, cette matière constitue le socle vivant de la pièce : un environnement en expansion, doté de ses propres tensions internes, de zones de repos, de surgissements dynamiques et de points

[551] DE ASSIS, Paulo, and SCHWAB, Michael. « Introduction » In *Futures of the Contemporary: Contemporaneity, Untimeliness, and Artistic Research*, edited by Paulo de Assis and Michael Schwab, 7–14. Leuven University Press, 2025. https://doi.org/10.2307/j.ctvc771tm.3.

[552] POLANYI, Michael. *Knowing and Being : Essays*. Chicago, University of Chicago Press, 1969.

d'ancrage structurants. Ce tissu sonore a été composé par montage, superposition, filtrage et traitements temporels, dans une logique de dramaturgie spectrale où chaque fragment porte une fonction narrative implicite.

Le dialogue instrumental

Sur cette base, s'est greffée l'écriture instrumentale, conçue non comme un texte clos, mais comme un *réservoir de potentialités gestuelles* mis à disposition des interprètes. Piano préparé et violoncelle y évoluent selon une partition partiellement ouverte : certaines séquences sont précisément notées, d'autres laissent place à des zones d'improvisation guidée, structurées par des indications de textures, d'articulations rythmiques et de tensions énergétiques. Le piano, préparé à l'aide de boulons, ressorts et cales en liège, voit sa palette timbrale élargie, permettant l'exploration de micro-intervalles et d'accidents sonores en résonance avec la complexité acoustique des matériaux électroacoustiques.

Figure 145 : Préparation du piano CP70 ne possédant que 2 cordes pour chaque note pour les registres médium et aigu. Source : Maxence Mercier (2024).

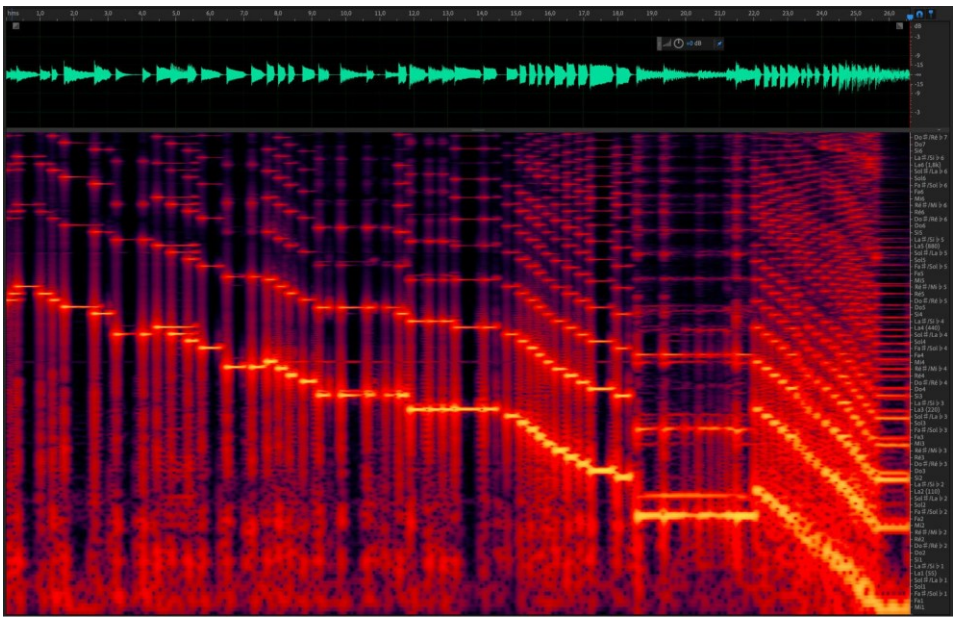


Figure 146 : Arpège chromatique descendant après préparation du piano. On peut relever les hauteurs recherchées pour le placement des objets entre les cordes. Source : Maxence Mercier (2024).

Les deux figures 145 et 146 illustrent un référentiel pour la préparation du piano utilisé en répétition. Ce référentiel pourra être reproduit sur scène, ou permettra d'approcher ce résultat

avec, éventuellement, un autre piano. Les cassures dans la gamme chromatique montrent que la préparation du piano introduit des ¼, voire des ⅛ de ton. Ces altérations condamnent quelques notes, mais offrent la possibilité de jouer des sortes de notes enharmoniques. Ce sacrifice bénéficie à des notes pivots dont les possibilités de timbres sont alors étendues.

La préparation utilise des petits boulons avec des ressorts résonateurs, des cales découpées dans des bouchons en liège, du papier d'aluminium et des chaînettes en billes d'acier inoxydable. Le placement de ces objets évolue au cours de la pièce, si bien que plusieurs références sont nécessaires.

Le piano utilisé est un CP70 de Yamaha dont la principale particularité est de posséder un micro piezo sous chaque corde. La sortie audio permet d'amplifier le piano mais également de lui adjoindre des effets et traitements sonores. Parmi ces effets, des modules de compression et de distorsion donnant accès à une sur-amplification. Cette sur-amplification est principalement utilisée pour zoomer acoustiquement dans le spectre de l'instrument afin de donner délibérément à percevoir des harmoniques et résonances qui ne peuvent s'entendre facilement sans électroniques « actives », c'est-à-dire réellement présentes et utilisées pour ses qualités.

Le jeu de violoncelle quant à lui utilise des crins d'archet tendus entre les deux mains pour faire des pizzicati aigus très rapides, ou bien des sons très ténus. Des éponges en mousse permettent un jeu de percussion très sourd sur les cordes graves et divers frottements. L'instrumentiste utilise également divers colliers de perles glissés ou écrasés contre les cordes.

Comme le piano, le violoncelle acoustique est équipé d'une cellule piezo et d'un micro hypercardioïde, permettant à la fois l'amplification par le dispositif de spatialisation sonore mais également le traitement du signal avec une palette dynamique d'effets : compression, distorsion, delays, reverb, transposition.

L'interaction en temps réel

Pour renforcer la continuité entre les strates électroacoustiques et instrumentales, j'ai développé un dispositif de traitement en temps réel, s'appuyant sur Max/MSP et les modules de spatialisation de Sound Trajectory. Ce système permet de moduler dynamiquement certaines dimensions de la bande électroacoustique — filtrage, enveloppes, diffusion — en réponse aux gestes des interprètes. Il ne s'agit pas d'un automatisme paramétrique, mais d'un prolongement du geste compositionnel dans l'espace de la performance : l'interaction est pensée comme un champ d'influences réciproques, où le jeu instrumental agit sur la matière enregistrée, et inversement.

Ainsi se dessine une *écologie des couches actives*, où chaque niveau — archive sonore, geste instrumental, interaction logicielle — interagit selon une logique de résonance mutuelle, inscrivant l'œuvre dans une dynamique perceptive ouverte et organique.

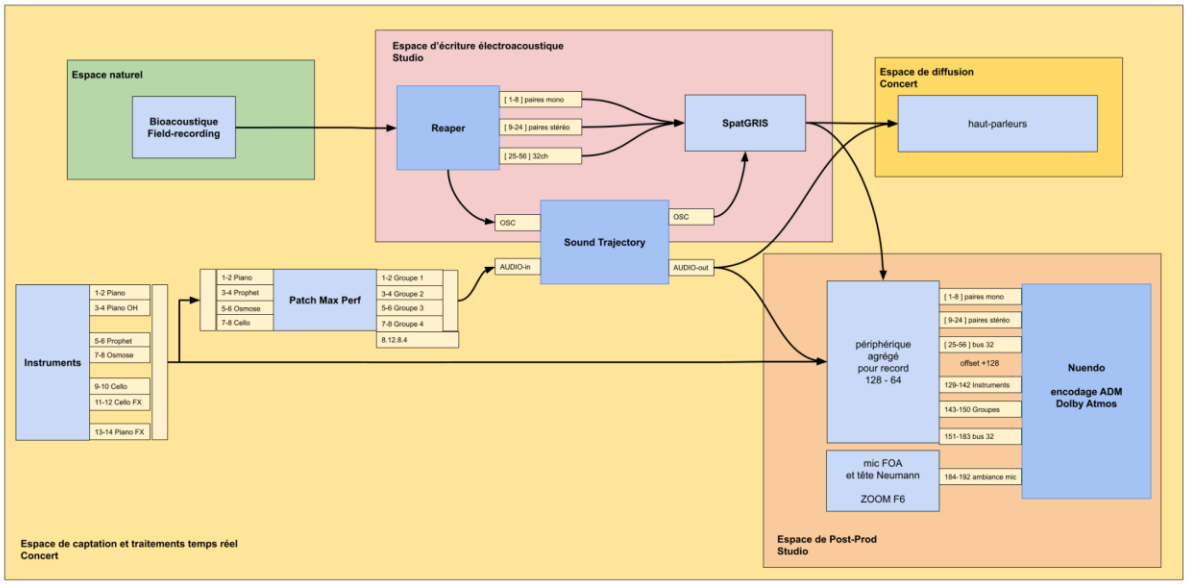


Figure 147 : Les espace imbriqués du processus de réalisation de Umwelt. Maxence Mercier (2024).

L'élaboration de *Umwelt* repose sur l'articulation de plusieurs espaces imbriqués, représentés dans le schéma de la figure 147. À l'origine se trouve l'« espace naturel », constitué par les enregistrements bioacoustiques et les pratiques de *field recording* que je mène depuis une dizaine d'années. Ces matériaux sonores constituent la base des éléments déployés dans l'œuvre.

À partir de ces enregistrements, l'« espace d'écriture électroacoustique » du studio permet de composer et de structurer une dramaturgie sonore. Le logiciel Reaper y occupe un rôle central, non seulement comme outil de montage mais également comme environnement d'écriture. Dès cette étape, la spatialisation est intégrée au processus de composition : Reaper pilote Sound Trajectory, qui lui-même contrôle SpatGRIS, moteur de spatialisation capable d'adapter le rendu à différents dispositifs d'écoute, de la stéréo binaurale à des configurations multicanales complexes (octophonie, dôme, etc). Dans le cadre du concert, SpatGRIS assure également la diffusion de la bande électroacoustique sur un dôme de 28 haut-parleurs.

Cet espace d'écriture est étroitement lié à l'« espace de captation et de traitement en temps réel » du concert. Les instruments (piano, violoncelle, synthétiseurs, traitements d'effets) sont captés et traités dans un patch Max dédié. Celui-ci génère en direct divers effets de spatialisation, distribués en groupes vers Sound Trajectory. Ce dernier assure la spatialisation des instruments en temps réel, parallèlement à celle de la bande électroacoustique rendue par SpatGRIS. Les deux environnements logiciels se complètent ainsi pour alimenter le même système de haut-parleurs lors de la performance.

Toutes ces sources — instruments, effets temps réel, et bande électroacoustique — sont enregistrées dans un quatrième espace, celui de la post-production. Un périphérique agrégé recueille jusqu'à 192 pistes, ensuite remixées dans *Nuendo* afin de produire un encodage ADM Dolby Atmos. Ce format ouvre la pièce à une diffusion élargie, notamment sur les plateformes en ligne. Cet espace de post-production est enrichi par des prises ambisoniques (microphone

FOA relié à un Zoom F6) et binaurales (tête Neumann/Sennheiser), offrant des perspectives supplémentaires d'écoute et d'archivage.

Ce schéma illustre ainsi cinq espaces distincts mais interconnectés : l'espace naturel, l'espace d'écriture électroacoustique, l'espace de captation et de traitement temps réel, l'espace de diffusion en concert, et enfin l'espace de post-production. Leur articulation rend compte de la manière dont *Umwelt* se déploie entre captation, composition, performance et diffusion, en inscrivant la spatialisation sonore au cœur de l'écriture.

13.4.3 La dramaturgie sonore : un soundwalk narratif

La structure dramaturgique de *Umwelt* repose sur un principe de *soundwalk* narratif d'une durée d'environ quarante minutes. Le parcours sonore y est conçu comme une traversée de paysages successifs, organisés selon une logique de seuils perceptifs : six territoires acoustiques s'y déploient — la Forêt, la Colline, la Plaine, la Ville, la Mer et les Abysses — chacun jouant le rôle de scène topographique, de zone de transition ou de bascule symbolique.

Cette dramaturgie repose sur une organisation perceptible des contrastes — entre organique et technologique, entre densité et silence, entre proximité et altérité. Ce caractère lisible a été perçu par le public comme une narration accessible, sans pour autant renoncer à la complexité formelle des traitements sonores. Il s'en dégage une esthétique du parcours, où le déplacement physique se double d'un déplacement sensoriel et symbolique.

Le découpage est confirmé par les analyses spectrales et les matrices d'autosimilarité. La progression suit une logique de déplacement à la fois géographique et perceptif, dans une temporalité continue mais morphologiquement marquée par des ruptures, des seuils et des paliers de transformation.

13.5 Avant-propos en contrepoint à la linéarité de la présentation

En guise de contrepoint avec la présentation linéaire de la pièce, je propose ci-après un ensemble de notes préliminaires, rédigées en amont des premières phases d'écriture. Ce fragment de texte n'a pas vocation à documenter directement le processus de composition, mais à témoigner de l'écart entre les intentions initiales et la concrétisation du projet. Sa fonction est avant tout indicative : elle marque la distance entre un point de départ conceptuel, riche d'ambitions, et la forme finale de l'œuvre, telle qu'elle s'est imposée au terme d'un filtrage opéré par les contraintes du médium sonore lui-même.

En effet, nombre d'éléments envisagés dès les premières esquisses ont été volontairement laissés de côté ou dissous dans la matérialité des sons qui composent la trame électroacoustique. C'est précisément cette trame qui, de manière implicite mais déterminante, a orienté la trajectoire narrative de la pièce. Elle a agi non comme un simple support, mais comme une force organisatrice, un agent compositionnel à part entière, dictant l'interprétation possible, suivant les inflexions formelles et les nœuds dramaturgiques de sa propre logique.

Métamorphose d'un langage musical : de l'atmosphérique à l'abyssal

Ce projet performatif propose une traversée sonore des niches écologiques de la biosphère, explorant la continuité entre les strates aériennes et les profondeurs aquatiques. Il s'inscrit dans une esthétique de la transformation, articulée autour d'un langage musical en constante métamorphose, activé par des logiques combinatoires — tant symboliques que sensorielles — de l'information acoustique.

Spatialité sonore et propagation différentielle

Le cœur du dispositif repose sur une approche acousmatique attentive aux propriétés physiques des milieux de propagation : en particulier, les écarts significatifs de vitesse du son entre l'air (~343 m/s) et l'eau (~1500 m/s), ainsi que leurs implications sur la diffraction, la réverbération, et la persistance acoustique. Ces paramètres deviennent ici matière de composition, affectant la manière dont les sons interagissent, s'étirent ou se diffractent selon les contextes de diffusion.

Écologie acoustique et combinatoire interspécifique

L'œuvre puise ses matériaux dans des environnements biologiquement denses : chants d'oiseaux diurnes, stridulations d'insectes nocturnes, écholocalisation des chauves-souris, émissions infrasoniques des cétacés. Ces éléments sont analysés, extraits et recomposés pour générer des motifs rythmiques ou spectraux qui évoquent les structures communicationnelles interspécifiques. À l'instar des chants itératifs du rossignol ou des chirps ultrasoniques des chiroptères, ces signaux deviennent des archétypes rythmiques et formels, réinscrits dans une narration musicale.

Hybridation anthropique et ambiances électromagnétiques

L'environnement sonore humain — souvent relégué à la marge dans les œuvres éco-acoustiques — est ici pleinement intégré. Des sons issus des infrastructures techniques (bruits mécaniques, vibrations de pylônes, parasites radiophoniques) sont confrontés à des signaux biologiques dans une orchestration symbolique. Le spectre électromagnétique des émetteurs radio est envisagé comme un champ sonore latent, mis en tension avec les échos naturels, dans une abstraction sonore où cohabitent signaux codés et pulsations organiques.

Forme, texture et interaction

L'ensemble des matériaux est traité par une série de processus électroacoustiques : synthèse granulaire, filtrage dynamique, convolution spatiale et modélisation de trajectoires via le moteur Sound Trajectory. Les jeux de phase, les interférences de battements et les morphologies spectrales deviennent les vecteurs d'une dramaturgie sans récit, fondée sur des tensions acoustiques.

L'expérience est conçue comme une installation immersive, ouverte à l'interaction sensorielle du public, à travers des dispositifs de navigation sonore ou de captation gestuelle. Le projet ambitionne d'ouvrir un espace d'écoute élargie, à la croisée de l'esthétique musicale expérimentale et de l'investigation scientifique, révélant les strates invisibles et inaudibles du paysage sonore contemporain.

13.6 Résolution de l'avant propos

En finalité, le projet sera réalisé en prenant des directions bien plus modestes, mais reposant sur les matériaux que je maîtrisais le mieux pour m'investir réellement sur une écriture spatiale.

Le projet formule un questionnement spatial sur une dramaturgie sonore immersive. La spatialisation est ici pensée comme condition d'énonciation perceptive : elle ne se limite pas à situer les sources dans un espace mimétique, mais cherche à structurer le mouvement même de l'écoute. Dans ce cadre, la composition est un vecteur de projections sensorielles, articulant des scènes sonores dont les tensions et les seuils de perception façonnent une dynamique d'écoute en mouvement. Ce n'est pas tant le son qui se déplace dans l'espace que l'auditeur qui, par un processus perceptif illusoire, transpose les mouvements de son propre corps dans l'espace d'écoute.

Le soundwalk d'*Umwelt* est un voyage transgressif traversant les environnements acoustiques à différentes focales : du microcosme des insectes aux étendues aériennes à la cime des canopées, du ressac des vagues aux abysses de la mer Méditerranée.

L'écriture instrumentale qui se meut avec cette trame électroacoustique vise à dialoguer par contrepoint ; elle prolonge certains gestes tout en s'y dérobant à la faveur d'une texture sonore. Elle harmonise les timbres tout en modulant les contours des mélodies spectrales des éléments naturels et des chants non-humains.

La partition instrumentale oscille entre trois régimes d'écriture : des séquences notées, un réservoir de matériaux gestuels (échelles, rythmes, hauteurs), et des zones d'improvisation guidée. Cette organisation permet une cohabitation organique entre la bande et les instruments, sans hiérarchie, en laissant émerger des configurations sonores mouvantes. L'espace de la partition est un espace d'induction négociant entre des figures stabilisées et des zones d'incertitude.

La cohérence du projet mise sur les relations de contraste entre pratiques hétérogènes, dans une visée conceptuelle d'attention permanente. L'orientation esthétique d'*Umwelt* repose avant tout sur une pratique de l'écoute : écoute du monde, écoute des matériaux, écoute des effets produits par l'agencement des temporalités en studio et du jeu sur la scène. Cette formalisation théorique est en pratique le fil conducteur du projet, sa matrice méthodologique implicite. Elle conjugue expérimentation technologique, recherche écologique et écriture musicale dans une économie partagée, un écosystème, une interdisciplinarité sensible.

13.6.1 Territoires sonores et ancrage écologique

Le projet *Umwelt* prend naissance sur le territoire des côtes varoises, à la lisière du massif des Maures, entre les contreforts forestiers et les abords de la mer Méditerranée. Ce périmètre géographique restreint de dix kilomètres de rayon autour de mon lieu de résidence, constitue un espace d'observation privilégié pour une écoute attentive des formes de vie et de leurs expressions acoustiques. La densité écologique de cette zone tient à la conjonction de plusieurs facteurs : une topographie contrastée, une diversité de microclimats, une relative préservation environnementale, et la proximité immédiate avec l'île de Port-Cros, premier parc national marin créé en France en 1963.

Dans cet espace délimité, s'échelonnant des 500 m d'altitude à 2000 m de profondeur sous la mer, coexistent des configurations sonores complexes. Cette stratification d'environnements sonores constitue la matrice sensible du projet. Elle offre un réservoir de matériaux à la fois diversifiés auquel j'ai eu accès par proximité physique, topologique, esthétique et scientifique.

L'enregistrement des environnements sonores s'effectue sur une temporalité étendue. Il intègre les variations saisonnières, les conditions météorologiques et les cycles d'activité des espèces. Cette méthode s'apparente à une approche ethnographique appliquée à la bioacoustique.

L'analyse repose sur l'accumulation de fragments temporels discontinus. Ce découpage permet de documenter la variabilité écologique à l'échelle de plusieurs mois ou années. Statistiquement, cette approche révèle une diversité acoustique plus large que celle perçue lors d'écoutes ponctuelles ou immersives de courte durée.

Les données collectées peuvent ensuite être combinées pour produire des simulations d'environnements sonores. Ces reconstitutions articulent des phénomènes acoustiques dont la co-occurrence est plausible d'un point de vue écosystémique mais qui, dans les faits, ne se produisent plus que très rarement simultanément.

La disparition progressive de certaines configurations sonores peut être corrélée à l'érosion de la biodiversité. Ce déclin se manifeste empiriquement par la comparaison d'enregistrements réalisés à plusieurs années d'intervalle, sur un même site ou dans un même écosystème.

La variation des présences sonores — notamment celles attribuables aux insectes, aux oiseaux, aux chauves-souris, ainsi qu'à des mammifères marins tels que les cachalots — permet de constater une transformation progressive de l'environnement acoustique.

L'absence ou la raréfaction de certaines signatures sonores, auparavant récurrentes, constitue un indicateur fiable des modifications affectant les dynamiques écologiques locales.

Notons que l'écoacoustique selon Jérôme Sueur & al.[553] , et l'éthoacoustique selon Hervé Glotin & al.[554] partagent une volonté de documenter l'environnement sonore dans une perspective écologique ou comportementale, celles-ci reposant en grande partie sur des dispositifs automatisés, positionnés pour enregistrer en continu ou selon des protocoles déterminés. Ces approches produisent des données standardisées, mobilisables pour des analyses statistiques ou computationnelles à large échelle.

Ces démarches alimentent mes catalogues sonores, utilisés dans le cadre de collaborations art/science fondées sur des échanges réciproques. Cependant, ma pratique personnelle d'enregistrement repose sur une méthode de captation spontanée, fondée sur la répétition de gestes d'écoute et d'enregistrements en conditions réelles, sans dispositif fixe ni temporalité programmée.

Elle présente certaines proximités avec les pratiques des audio-naturalistes, qui privilégient l'expérience directe du terrain, la connaissance empirique des espèces et des milieux, ainsi que la qualité documentaire des enregistrements. Mais là où les audio-naturalistes orientent souvent leurs microphones vers des sons rares ou remarquables, ma démarche vise à construire une mémoire acoustique des lieux, à partir de l'accumulation de fragments sonores recueillis de manière récurrente.

Il ne s'agit ni d'un inventaire, ni de la recherche d'événements exceptionnels, mais d'une observation des régularités comme des discontinuités dans la composition sonore d'un territoire parcouru à plusieurs reprises. Chaque enregistrement constitue un indice, à la fois d'une présence animale et des conditions écologiques qui la rendent possible. L'ensemble de ces captations, répétées dans le temps, permet d'identifier des absences, des écarts, ou des retours inattendus, comme un veilleur qui observe, patiemment, les signes discrets de transformation dans un environnement familier.

13.6.2 Grille de lecture automatricielle

La matrice d'autosimilarité obtenue pour la pièce *Umwelt* permet d'accéder à une représentation visuelle détaillée des relations internes de similarité entre tous les segments temporels de l'œuvre. La technique de lecture consiste à repérer les bandes verticales présentant une organisation uniforme, puis à les comparer entre elles[555]. (Couprie 2020)

La matrice d'autosimilarité « constitue une méthode efficace pour mettre en évidence des récurrences, des ruptures ou des transitions à l'intérieur d'une pièce, mais son usage nécessite

[553] SUEUR, Jérôme, et FARINA, Almo. « Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound ». *Biosemiotics 8*, no. 3, 2015, : p. 493-502. https://doi.org/10.1007/s12304-015-9248-x.

[554] GLOTIN, Hervé & al. Sphyrna-Odyssey 2019-2020, *Rapport I : Découvertes Ethoacoustiques de Chasses Collaboratives de Cachalots en Abysse & Impacts en Mer du Confinement COVID19*. CNRS LIS, Université de Toulon. 2020

[555] COUPRIE, Pierre. « Quelques propos sur les outils et les méthodes audionumériques en musicologie. L'interdisciplinarité comme rupture épistémologique », *Revue musicale OICRM*, vol. 6, no 2, 2020, p. 26-47. https://doi.org/10.7202/1068384ar

une contextualisation fine et une analyse croisée avec d'autres modes d'écoute ou d'observation ».

Comme le rappelle Foote [556], ce type de matrice « displays the acoustic similarity between any two instants of an audio recording », chaque point (i, j) représentant le degré de ressemblance spectrale entre les moments i et j de la pièce.

La diagonale principale marque l'identité parfaite de chaque segment avec lui-même (« there is always a bright diagonal line running from bottom left to top right »), tandis que la présence de bandes parallèles à cette diagonale indique des répétitions, variations ou retours de matériaux sonores à différentes échelles temporelles : « Repeated themes are visible as diagonal lines parallel to, and separated from, the main diagonal ». Les blocs homogènes correspondent à des séquences caractérisées par une stabilité acoustique ; dans le cas de *Umwelt*, ces zones se retrouvent dans les segments associés à des milieux tels que forêt, colline ou plaine, où la texture sonore reste constante sur la durée.

Les transitions dans la pièce, notamment le passage entre ville, mer et abysses, apparaissent sous forme de ruptures ou de discontinuités dans la matrice : la structure visuelle se fragmente et les motifs deviennent moins réguliers, ce qui signale un changement de matériau spectral, l'introduction de nouveaux sons, ou une transformation notable du paysage sonore. Les motifs en grille, formés par l'intersection de bandes horizontales et verticales, mettent en évidence des instants où plusieurs processus ou couches sonores coexistent ou se répondent, traduisant une complexité accrue du signal.

La pondération appliquée dans la figure de droite aux intensités et aux silences, comme recommandé par Couprie, « met en valeur la morphologie effective des matériaux audibles », en atténuant la contribution des passages à faible dynamique, ce qui permet de mieux visualiser la structure des événements musicaux dominants et d'éviter que les silences ne masquent les informations pertinentes.

En somme, cette matrice permet d'identifier visuellement :

- les zones de stabilité acoustique (blocs homogènes)
- les processus de répétition ou de transformation (bandes parallèles à la diagonale)
- les transitions ou ruptures (zones de fragmentation)
- la segmentation morphologique de la pièce à travers l'évolution des motifs spectro-temporels.

Elle constitue ainsi un outil efficace pour cartographier la structure interne de l'œuvre et en rendre perceptibles les dynamiques, la segmentation et la cohérence sonore à différentes échelles telles que representées dans les figures 148 et 149.

[556] FOOTE, J. « Visualizing Music and Audio using Self-Similarity », *ACM Multimedia,* 1999, p. 77–80.

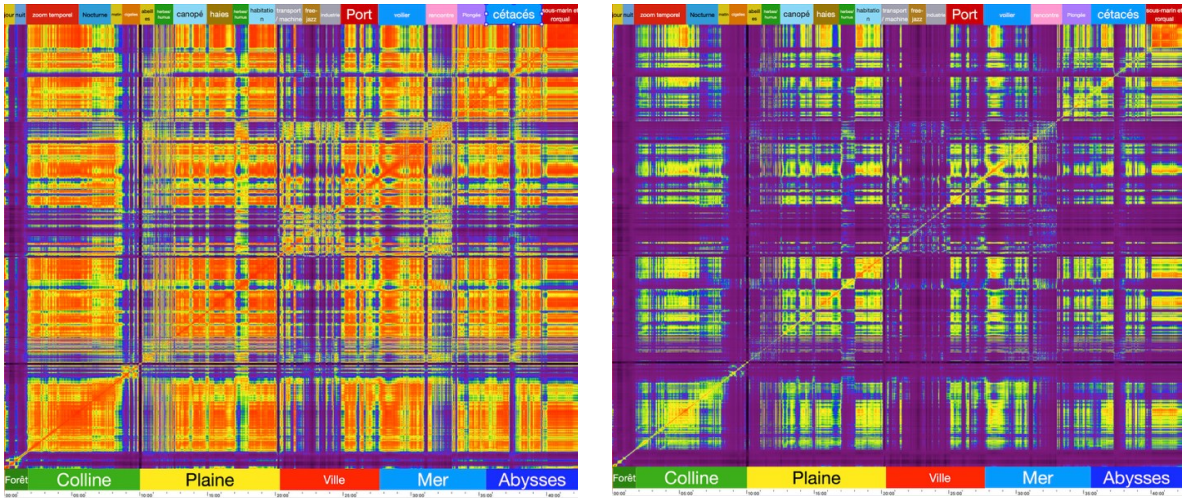
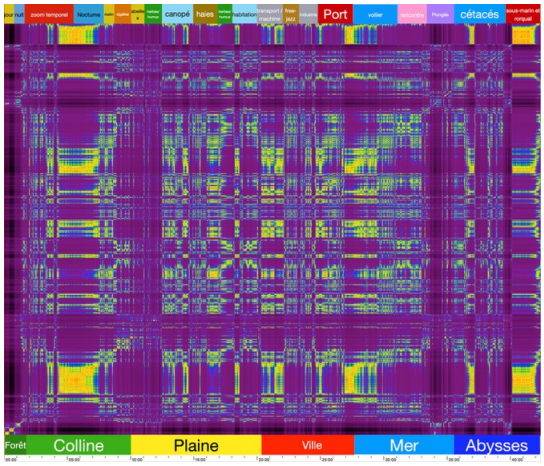
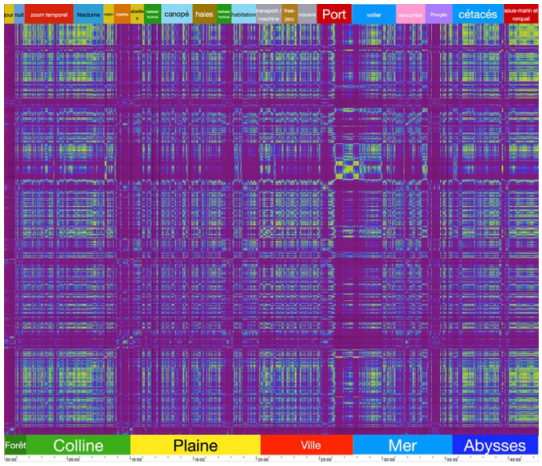


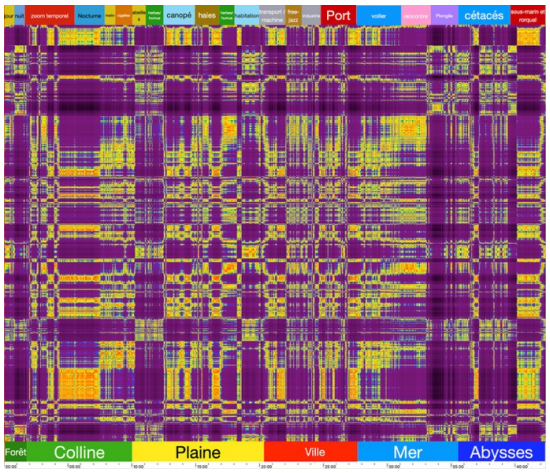
Figure 148 : Matrice d'autosimilarité FTT, de la version stéréo d'*Umwelt*, à gauche la FTT a été calculée avec des réglages standards (taille de fenêtre : 2048 ; recouvrement : 75 % ; type de fenêtre ; hanning) à droite la distance euclidienne est calculée avec une fenêtre de 8192 et un recouvrement de 75 % avec une pondération plus légère de la distance euclidienne. iAnalyse5. Maxence Mercier (2025).



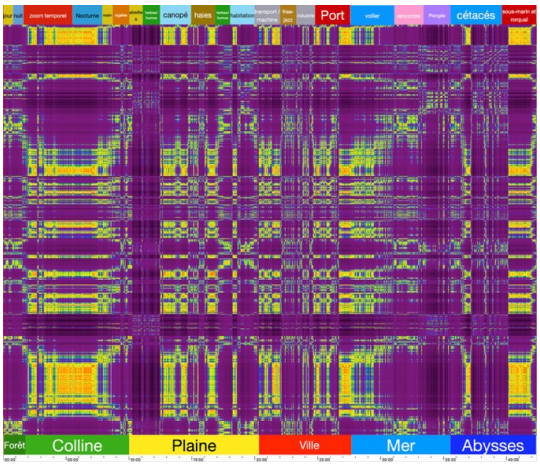
Spectroïd



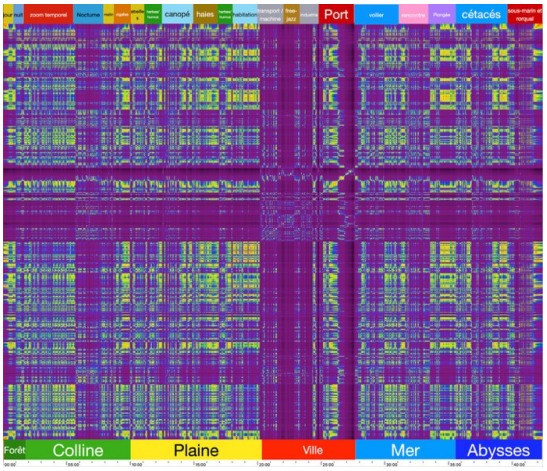
Spectral flux



Déviation standard



Spectral flatness



Amplitude RMS

Figure 149 : Matrice d'autosimilarité selon, différents descripteurs audio sur la FFT de la version stéréo d'*Umwelt*, (taille de fenêtre : 2048 ; recouvrement : 75 % ; type de fenêtre ; hanning) à droite la distance euclidienne est calculée avec une fenêtre de 8192 et un recouvrement de 75 % avec une pondération plus légère de la distance euclidienne. Source : Maxence Mercier (2025), fichier iAnalyse5 disponible en annexe numérique.

13.7 Analyse linéaire

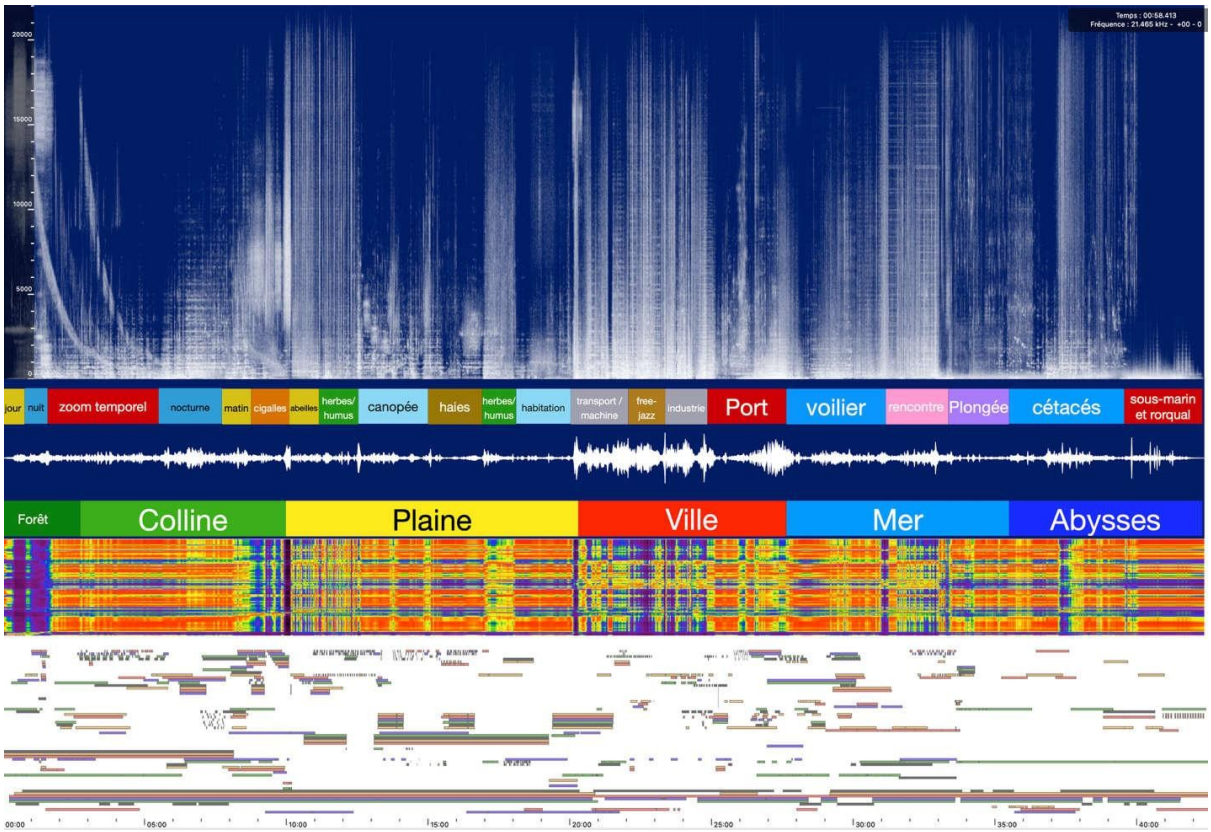


Figure 150 : *Umwelt* version stéréo visualisée dans iAnalyse5 — spectrogramme, waveform, annotations, matrice d'autosimilarité et session Reaper. Source : Maxence Mercier (2025).

La pièce s'ouvre sur une immersion nocturne dans une chênaie de l'arrière-pays méditerranéen (figure 150). L'environnement sonore y est fragmenté et dense : stridulations d'insectes, ultrasons de chiroptères et micro-détails biomorphiques sont étirés par des techniques de zoom temporel, révélant des structures rythmiques et spectrales imperceptibles à l'oreille nue. Progressivement, à mesure que la lumière affleure, la texture se détend : les premiers chants d'oiseaux diurnes émergent, accompagnés de bruissements d'herbes et de présences apicoles, esquissant un glissement vers la plaine. Ce passage opère une ouverture fréquentielle, un relâchement formel, et prépare l'entrée dans des paysages plus horizontaux.

13.7.1 Section 1 : Forêt/Colline (0′ 00″ – 11′ 00″)

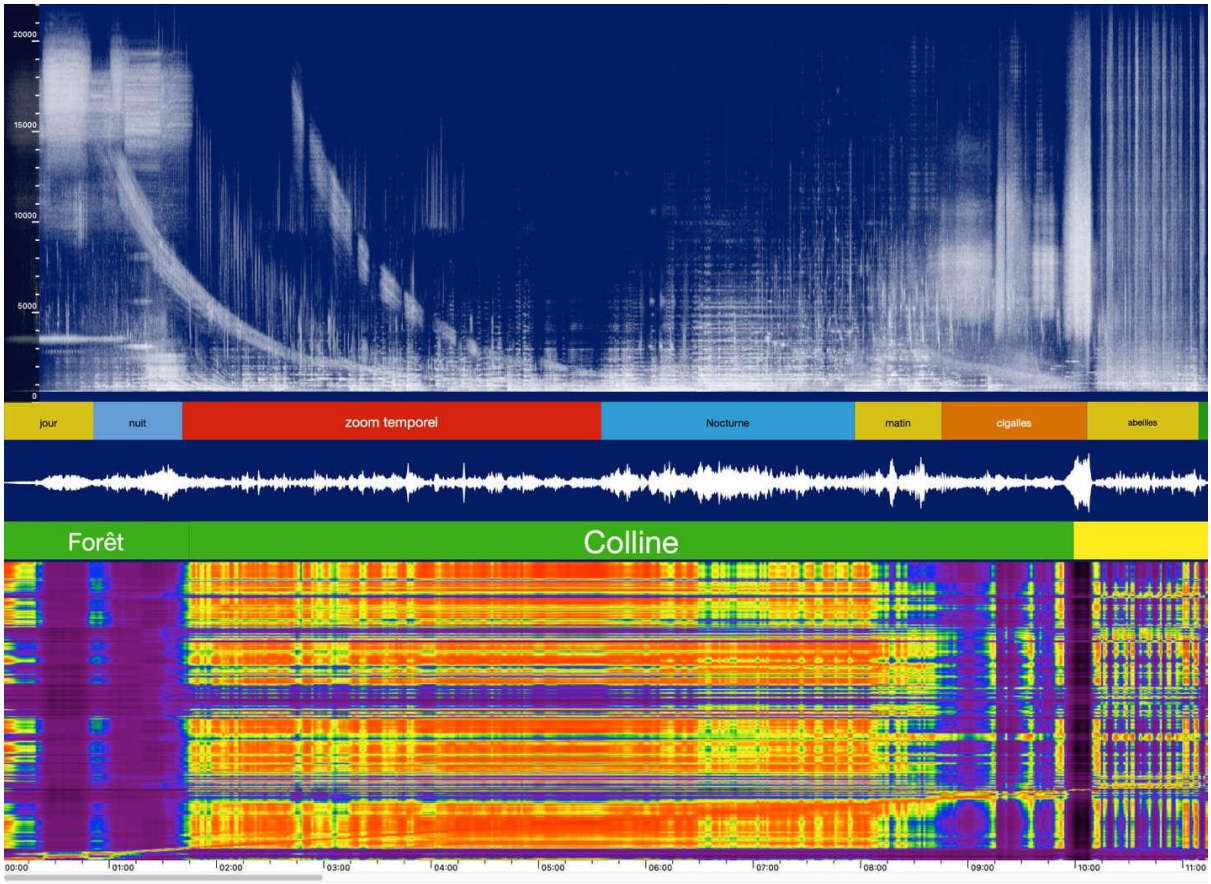


Figure 151 : *Umwelt*, première partie, du début à la 11e minute, iAnalyse5. Maxence Mercier (2025), fichier iAnalyse5 disponible en annexe numérique.

Matériaux : L'entrée dans la pièce se fait par des ambiances nocturnes, dans une stratification initialement diffuse, marquée par des textures de l'ordre du micro-événement (insectes, chiroptères). Des techniques de *zoom temporel* permettent ici d'étirer ces sons, révélant leur complexité structurelle dans les hautes fréquences. Progressivement, une transition vers l'environnement diurne s'opère, introduisant des sons de cigales, d'abeilles et des textures plus ouvertes, signalant une élévation vers la colline.

Structure : Cette première phase repose sur un jeu dialectique entre contraction et dilatation temporelle. La matrice d'autosimilarité fait apparaître des blocs relativement homogènes mais discontinus, marquant des bascules nettes entre états acoustiques distincts : nuit, déformation temporelle, puis émergence du matin (figure 151).

13.7.2 Section 2 : Plaine (11′ 00″ – 20′ 00″)

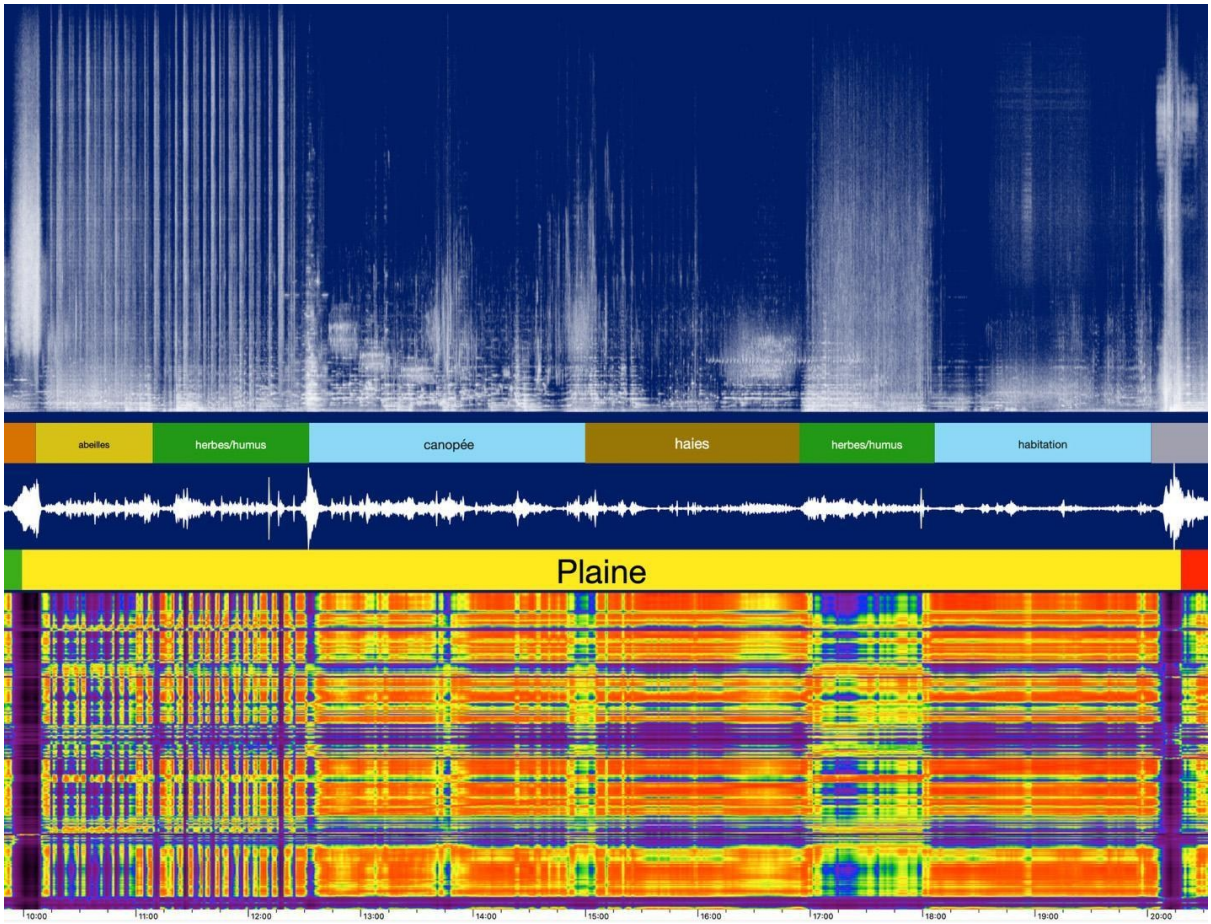


Figure 152 : *Umwelt*, deuxième section, de 11″ à 20 min, iAnalyse5. Source : Maxence Mercier (2025), fichier iAnalyse5 disponible en annexe numérique.

Matériaux : Le paysage sonore s'ouvre ici sur une horizontalité plus stable : bruissements d'herbes, résonances de canopée, sons diffus d'habitats humains à distance. Le spectrogramme révèle une richesse timbrale dans le médium, moins densifiée dans les extrêmes aigus que dans la section précédente.

Structure : La structure temporelle s'organise autour de motifs répétés ; la matrice d'autosimilarité montre des bandes régulières parallèles à la diagonale, traduisant des boucles ou des textures récurrentes. Cette répétitivité relative inscrit l'écoute dans un régime de durée plus stable, évoquant la fixité apparente d'un paysage étendu (figure 152).

13.7.3 Section 3 : Ville (20′ 00″ – 28′ 00″)

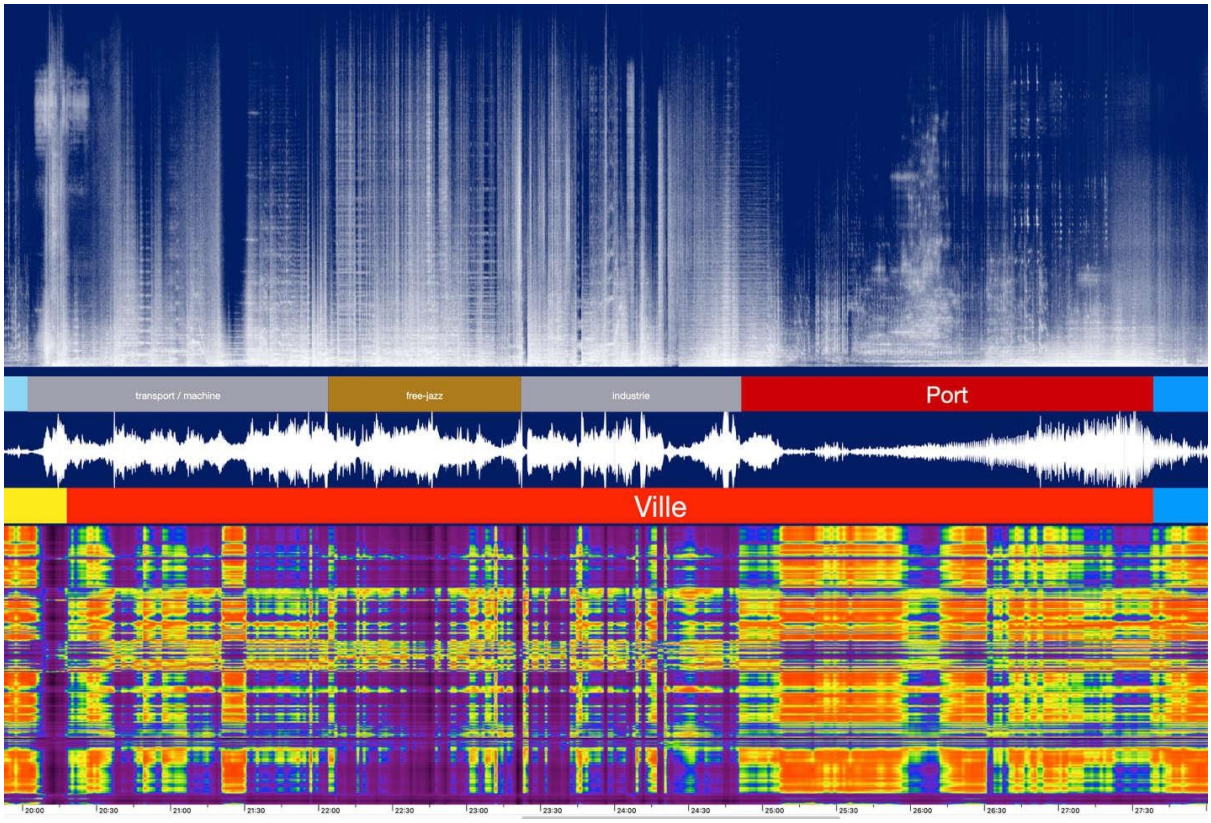


Figure 153 : *Umwelt*, troisième section, de 20″ à 28 min. Source : Maxence Mercier (2025), fichier iAnalyse5 disponible en annexe numérique.

Le paysage urbain s'impose par strates dissonantes : grondements de circulation, mécanismes en action, signaux industriels. Une séquence centrale, fortement contrastée, introduit des textures empruntant au free-jazz — saturation rythmique, empilement bruitiste — marquant l'irruption de l'anthropie dans le continuum sonore. Le port agit ici comme une interface : il incarne une zone-limite, un point de rupture entre le monde façonné par l'homme et l'ouverture vers l'élément marin. Ce moment charnière prépare la transition vers un espace autre, fluide, ouvert, non domestiqué.

Matériaux : C'est la zone de rupture. Les sons d'origine anthropique — transport, machinerie, signalétique urbaine — dominent, occupant brutalement tout le spectre fréquentiel. Une séquence annotée « free-jazz » complexifie encore le tissu sonore par un empilement rythmique et bruitiste, renforçant l'effet de chaos et de saturation propre à l'environnement urbain.

Structure : La matrice d'autosimilarité devient ici très fragmentée. On y observe une granularité élevée, avec des motifs en grilles ou en éclatements, caractéristiques des superpositions hétérogènes. Le franchissement du port marque un seuil : un bloc sonore continu — corne de brume ou masse portuaire — opère une transition vers un nouveau registre perceptif (figure 153).

13.7.4 Section 4 : Mer/Abysses (28′ 00″ – 41′ 00″)

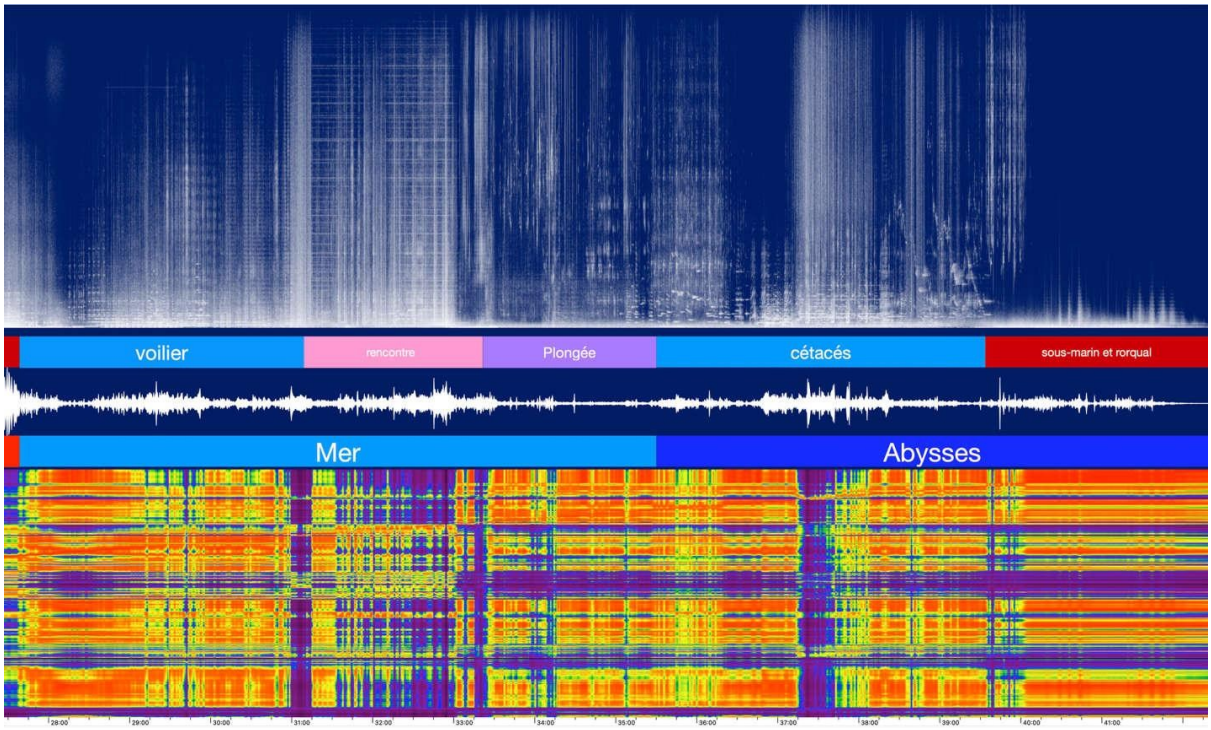


Figure 154 : *Umwelt*, quatrième section, de 28 à 41 min. Source : Maxence Mercier (2025), fichier iAnalyse5 disponible en annexe numérique.

Le passage à bord d'un voilier ouvre une nouvelle phase de la narration. Le régime sonore devient océanique : crissements des cordages, glissements sur les vagues, craquement de la coque, sifflements du vent dans les haubans, modulés depuis les positions virtuelles de l'écoute depuis l'intérieur ou le pont du voilier. Cette section conduit à une rencontre sonore avec un groupe de cachalots. La narration culmine sur cette rencontre qui invite à une plongée dans les abysses, où l'on entend les échos de leurs clics de chasse et les sons telluriques des courants profonds, métaphores des interconnexions planétaires entre organismes et milieux, entre surface et profondeur, entre localité et globalité.

Matériaux : La narration glisse alors vers le domaine aquatique. On perçoit d'abord les sons du voilier, puis l'ambiance se transforme avec la présence des cétacés : clics, chants, signatures acoustiques de communication ou d'écholocation. L'immersion devient totale avec l'entrée dans les abysses, où les sons géophoniques (tels que courants profonds ou frictions tectoniques) prennent le relais.

Structure : La morphologie sonore se modifie radicalement. Le spectre migre vers les basses fréquences et les médiums graves, abandonnant l'activité microphonique aiguë. Les blocs sonores deviennent larges, stables, quasi-monolithiques. La matrice d'autosimilarité montre une forte cohérence structurelle, indice d'un environnement sonore dilaté, profond et peu événementiel — représentation métaphorique des temporalités lentes et massives du monde abyssal (figure 154).

13.8 Analyse texturale et spectrale : vers une orchestration de la bioacoustique

La stratégie compositionnelle déployée dans *Umwelt* repose sur une organisation spectrale inspirée des modèles de cohabitation issus de la bioacoustique, en particulier de l'hypothèse de la *niche acoustique* formulée par Bernie Krause[557]. Plutôt que de juxtaposer les sources sonores dans une logique additive ou collisionnelle, la composition instaure un équilibre dynamique entre les éléments, chacun trouvant sa place dans une bande fréquentielle spécifique, minimisant ainsi les conflits spectro-temporels, et favorisant la lisibilité perceptive.

Les insectes et chiroptères — largement représentés dans les enregistrements nocturnes — occupent les hautes fréquences (au-delà de 8 kHz), générant un voile textural mouvant, souvent granulaire ou pulsé.

Les oiseaux diurnes, le piano préparé et le violoncelle dialoguent dans la zone médiane du spectre (1–5 kHz), où se concentrent les contenus mélodiques et gestuels de la pièce.

La section urbaine introduit une saturation momentanée de l'ensemble du spectre audible, générant un effet d'écrasement perceptif. Le spectrogramme témoigne ici d'une densité bruitiste, volontairement surchargée, évoquant l'oppression des environnements anthropiques.

Les vocalisations cétacées et les sons géophoniques marins (courants profonds, frictions tectoniques) constituent l'assise infrasonore de la pièce, s'étalant dans le registre grave et sub-grave (20–200 Hz), créant une base massive et dilatée.

Cette distribution fréquentielle permet de composer un *écosystème sonore* stable, où chaque entité — qu'elle soit biologique, machinique ou instrumentale — trouve sa niche sans se superposer aux autres. L'écriture préserve ainsi une haute résolution perceptive, malgré la complexité du tissu sonore. L'équilibre spectral devient ici la métaphore d'une cohabitation possible, entre espèces, éléments, et registres sonores.

Dans sa thèse de recherche-création soutenue en 2024, Adèle de Baudoin élabore une méthodologie croisant les approches de Jérôme Sueur et les outils développés par Pierre Couprie. Sans recourir directement aux descripteurs écoacoustiques proposés par de Baudoin et al.[558] — tels que la richesse fréquentielle ou la densité événementielle — que j'ai pour ma part modulées intuitivement au cours du processus compositionnel, je m'appuie sur les capacités analytiques du logiciel iAnalyse (Couprie, 2020) pour représenter les structures de *Umwelt*. Ces outils de

[557] Krause, Bernie. *The Great Animal Orchestra: Finding the Origins of Music in the World's Wild Places.* Boston, Little, Brown and Company. 2012

[558] de BAUDOUIN Adèle, COUPRIE Pierre, MICHAUD Felix, HAUPERT Sylvain and SUEUR Jérome « Similarity visualization of soundscapes in ecology and music ». *Frontiers in Ecology and Evolution,* 12:1334776, 2024, doi: 10.3389/fevo.2024.1334776

visualisation permettent de rendre lisibles certaines organisations temporelles et morphologiques, en articulant données perceptives et stratégies formelles.

13.9 Analyse des matériaux et de leur transformation : une poétique de la révélation

La pièce s'inscrit pleinement dans une esthétique de la transformation électroacoustique, non comme simple procédé technique, mais comme vecteur poétique. Chaque enregistrement bioacoustique est abordé comme un matériau vivant, porteur d'un potentiel expressif à dévoiler par des opérations de transduction, de morphing ou de réécriture temporelle. Ce sont les transformations électroacoustiques qui permettent de faire émerger les qualités esthétiques de bandes de fréquences chargées de signaux inaccessibles à l'audition humaine.

Les stridulations d'insectes sont granularisées, générant des nappes texturales mobiles, semblables à des halos organiques, aux confins de l'abstraction sonore. Ces halos se diffusent dans l'espace, parfois traités en modulations fréquentielles pour créer des frémissements instables.

Les « chirps » de chauves-souris, à l'origine ultrasonores et inaudibles, sont transposés dans le domaine audible par ralentissement spectral. Ces éléments deviennent des figures rythmiques complexes, spatialisées pour dessiner des architectures sonores immersives — véritables *cathédrales spectrales* où l'espace acoustique est sculpté par la répétition, la réverbération, et la rotation spectrale.

Les chants d'oiseaux sont déconstruits, fragmentés, puis hybridés avec des séquences instrumentales. Ces processus de *métissage sonore* produisent des zones de fusion où l'origine du son devient indiscernable, créant des contrepoints ambigus entre nature et interprétation humaine.

Les chants des cétacés sont étirés temporellement jusqu'à devenir des nappes continues et profondes. Ces nappes jouent un rôle structurant dans les dernières sections de l'œuvre, en tant que socle temporel étendu, ouvrant l'espace d'écoute à des temporalités non humaines, proches des durées géologiques ou abyssales.

L'ensemble de ces opérations repose sur une logique de co-écriture avec la matière sonore. Les traitements ne visent pas à effacer ou à dominer les sons enregistrés, mais à en révéler les qualités latentes, à en extraire des dynamiques insoupçonnées. Cette démarche relève d'une éthique de la transformation : non comme dénaturation, mais comme actualisation de potentialités inscrites dans les corps sonores eux-mêmes.

13.10 La poétique de l'espace : immersion et dispositifs de spatialisation

Si la matière sonore constitue la chair d'*Umwelt*, la spatialisation en organise l'ossature perceptive. Elle est conçue comme une dimension structurante de l'écriture, un vecteur fondamental d'engagement corporel et attentionnel. L'auditeur est immergé dans un champ acoustique dynamique. Le milieu de l'écoute est pensé comme environnement écosystémique de l'attention, dans lequel la logique symbiotique de l'œuvre émerge et prend pleinement sens.

13.10.1 L'immersion comme condition d'écoute active

L'enjeu n'était pas simplement de faire entendre, mais de faire ressentir. *Umwelt* invite l'auditeur à quitter une posture d'écoute distante pour devenir un corps en relation avec un environnement sonore mouvant. L'immersion, telle que je la conçois, ne repose pas sur des effets spectaculaires, mais sur une coprésence sensorielle : le son n'est plus projeté, il circule, enveloppe, traverse. L'espace sonore agit comme un fluide perceptif dans lequel l'auditeur est plongé.

Ce changement de statut modifie l'écoute. Ce n'est plus seulement l'attention portée aux sons eux-mêmes, mais aux relations qu'ils entretiennent, à leurs frictions, à leurs tensions internes. L'écoute devient située : elle s'ancre dans le corps, dans le mouvement, dans une temporalité étirée. Le paysage sonore, dès lors, cesse d'être un fond ou un décor. Il devient milieu. Un espace traversé — mais aussi traversant — capable de révéler des phénomènes souvent relégués à la périphérie de la perception : microtextures, résidus spectraux, souffles, nappes souterraines.

Ce qui m'intéresse ici, ce n'est pas la mise en scène du vivant, mais la possibilité d'en faire l'expérience sensorielle. L'immersion devient le levier d'une attention affinée, capable d'accueillir ce qui, dans l'écoute quotidienne, demeure imperceptible.

13.10.2 Le dispositif 4-8-12-8-4 : un pragmatisme spatial assumé

Pour donner corps à la poétique immersive de *Umwelt*, j'ai défini un format virtuel combinant les qualités du dôme et les possibilités de placement des sources selon le mixage basé sur les canaux. Il s'agit d'une sphère de 36 haut-parleurs virtuels structurés selon une répartition que je désigne par la formule 4-8-12-8-4. Ce format — que j'emprunte par analogie au registre informatique du *brute force* — ne renvoie pas ici à une logique de puissance ou d'exhaustivité algorithmique, mais à une stratégie directe et assumée : un compromis fonctionnel entre des approches hétérogènes de la spatialisation sonore, réunies dans un même dispositif.

Le système repose sur une géométrie verticale en cinq couronnes :

- 4 enceintes à –60° d'élévation (couronne inférieure) ;
- 8 enceintes à –30° ;

- 12 enceintes à 0° (hauteur d'oreille), réparties tous les 30°, assurant une compatibilité avec les formats stéréophoniques classiques ;
- 8 enceintes à +30° ;
- 4 enceintes à +60° (couronne supérieure).

J'ai volontairement écarté les positions aux pôles absolus — zénith et nadir — pour des raisons à la fois pratiques et empiriques. Dans la majorité des configurations de spatialisation, notamment celles utilisant des algorithmes d'encodage ambisonique standard, ces points tendent à concentrer l'énergie directionnelle et à focaliser de manière artificielle l'attention perceptive. Cette sur-accentuation nuit à la lisibilité globale du champ sonore, en particulier dans le contexte de diffusion en studio. En salle, l'implémentation des haut-parleurs reposant majoritairement sur des volumes en cube, la problématique de la « voix de dieu » est beaucoup moins contraignante dès lors que le signal diffusé en élévation peut être réparti uniformément.

Cela dit, ce problème peut être partiellement contourné lorsqu'on utilise ces positions comme points isolés, et non comme nœuds d'un maillage continu, ou encore en travaillant avec des algorithmes permettant un réglage très resserré du paramètre de dispersion (*spread*). Malgré tout, dans ma pratique, une quadriphonie resserrée autour du plan horizontal — bien calibrée en distance et en élévation — produit des résultats tout à fait satisfaisants, tant en studio qu'en situation de concert.

Le format hybride 4-8-12-8-4 s'inscrit à la croisée de deux paradigmes : les systèmes *channel-based* standardisés (5.1, 7.1.4, etc.) et les géométries idéales utilisées en Ambisonics (notamment les T-designs (Hughes[559], 1962, Delsarte et al.[560], 1977, Pinardi[561] 2021). S'il n'en possède pas la régularité mathématique, il en partage l'ambition immersive, tout en offrant une plus grande flexibilité de déploiement.

La couronne centrale de 12 enceintes joue ici un rôle clé : elle permet de maintenir les images fantômes propres à la stéréophonie, ce qui est très utile avec une écriture électroacoustique utilisant des traitements et logiques stéréophoniques. Le respect de rapport stéréo permet d'assurer une bonne reproduction de ses techniques dans un environnement de diffusion immersif. Le résultat est une couverture spatiale dense, enveloppante, mais jamais abstraite ou techniciste : une géométrie pensée pour l'écoute, modulable selon les contraintes réelles des lieux de diffusion.

[559] HUGHES, D. R. « On t-designs. Report AFOSR 2461 », Department of Mathematics, University of Illinois. 1962

[560] DELSARTE, P., GOETHALS, J. M., and SEIDEL, J. J. "Spherical codes and designs". 1977

[561] PINARDI, D. "Spherical t-Design for Characterizing the Spatial Response of Microphone Arrays". 2021 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA). 2021

13.10.3 L'écriture spatiale : outils et workflow

La gestion de l'espace sonore complexe dans *Umwelt* s'est appuyée sur une chaîne logicielle dédiée. Le séquenceur principal utilisé était Reaper, choisi pour sa flexibilité dans la manipulation des pistes multicanales et sa compatibilité avec un large éventail de plug-ins. Le dispositif de spatialisation reposait sur l'interaction de deux logiciels principaux : Sound Trajectory et SpatGRIS.

Sound Trajectory jouait le rôle de gestionnaire des trajectoires, contrôlant la position des sources sonores dans SpatGRIS via le protocole OSC (Open Sound Control). Il permettait également un rendu en HOA (Higher Order Ambisonics) jusqu'au 7e ordre. Toutefois, l'essentiel de la composition a été réalisé avec SpatGRIS comme outil principal de spatialisation.

Ma résidence dans le studio de Robert Normandeau sur un dôme de 20.4 enceintes m'a permis d'effectuer une série de tests qui, d'une part, m'ont convaincu d'utiliser SpatGRIS pour sa robustesse, la qualité de son rendu sonore en mode Mbap et sa simplicité de mise en œuvre, et d'autre part, l'efficacité de SpatGRIS m'a permis de me concentrer sur l'élaboration de nouvelles techniques de spatialisation hybride combinées au format 4-8-12- 8-4 directement depuis Reaper, avec les différents outils accessibles sous forme de plug-ins (qui seront décrits dans ce chapitre). Ce studio, conçu sur les exigences de Normandeau et considéré par ce dernier comme une des solutions les plus abouties, utilise le système de calibrage intégré Genelec GLM[562].

L'écoute de proximité dans un volume d'environ 30 m3 a permis d'éprouver les différents systèmes, algorithmes et stratégies de mixage utilisés dans *Umwelt*. Cela a posé des bases de références solides qui seront par la suite discréditées lors de séances en dehors du studio, avec un encodage binaural à écouter au casque.

Une des spécificités du mixage de *Umwelt* réside dans l'utilisation systématique d'un point d'écoute mobile (le *listener*) suivant une trajectoire lente et continue en forme de huit, centrée dans l'espace de diffusion. Ce choix, bien qu'il ne réponde pas à une contrainte dramaturgique explicite, vise à maintenir une attention soutenue dans une scène immersive homogène, c'est-à-dire dépourvue de repères fixes tels qu'on en trouve dans des dispositifs privilégiant une frontalité sonore ou visuelle.

Cette stratégie contribue à renforcer la sensation de déplacement ou de traversée, en agissant comme un facteur discret de modulation perceptive. Elle fonctionne en quelque sorte comme un « amplificateur d'immersion » : un procédé qui, sans se rendre perceptiblement autonome, intensifie l'expérience d'écoute en profondeur, sans imposer de lecture univoque au public.

13.10.4 L'immersion en format réduit

Les technologies d'encodage immersif, comme celles intégrées au renderer Dolby Atmos, permettent de générer automatiquement une version stéréo d'un mixage 3D, que ce soit pour une

[562] https://www.genelec.com/calibration-acoustics (consulté le 17 juillet 2025)

écoute au casque via un rendu binaural, ou sur enceintes classiques. Si ce processus assure une compatibilité d'écoute étendue, il ne peut égaler la finesse d'un mixage spécifiquement pensé pour la stéréophonie.

Depuis les années 1950, le mixage stéréo s'est imposé comme une pratique artistique à part entière, développant ses propres stratégies de spatialisation horizontale, de gestion des dynamiques, et de mise en scène du timbre. En comparaison, une réduction automatisée peut paraître plate, ou au contraire surchargée, manquant la précision et la maîtrise d'un rendu conçu pour la stéréo.

Cependant, avec une attention portée à la dynamique, à l'équilibre fréquentiel et à l'image stéréo, certaines conversions peuvent donner des résultats solides et cohérents. C'est le cas pour *Umwelt*, dont la version stéréo découle directement du mixage Atmos, avec pour seul ajustement un mastering destiné à affiner les plages dynamiques.

Ce qui rend cette version satisfaisante ne tient pas tant à l'algorithme d'encodage qu'à la nature même des matériaux sonores employés. Leur conception — à la fois dense, organique et bien articulée — conserve leur impact même en dehors du dispositif immersif, ce qui témoigne d'une attention portée dès l'écriture à la robustesse des objets sonores face aux différents contextes de diffusion. L'agencement temporel et spectral, le travail sur les réverbérations, les dynamiques lointaines et les plans sonores multiples, induisent une forme d'espace implicite que l'oreille et le cerveau reconstituent. Le « relief dynamique » de l'écriture spatiale est suffisamment diversifié pour suggérer la profondeur et le mouvement. On peut comparer cela aux boîtes à histoires pour enfants qui, avec un seul petit haut-parleur, parviennent à créer des mondes sonores captivants, et ce même sans l'usage de narration explicite. Le succès de programmes dédiés à ces boîtes en témoigne. Lorsque l'immersion est pensée de manière intrinsèque au son, elle génère une atmosphère esthétique[563] (Böhme 1993) qui s'adapte au dispositif d'écoute, plutôt qu'une simple propriété technique qui dépendrait de lui. Il y a là une notion qui peut renforcer les intentions de l'écriture spatiale : dans sa capacité à se traduire perceptivement, même lorsque le dispositif idéal est absent. Il s'agit plus d'affects psychologiques et culturels que de paramètres psychoacoustiques.

[563] Le concept d'atmosphère, tel que formulé par Gernot Böhme, renvoie à une qualité spatialisée et affective émanant d'un environnement, perçu de manière pré-réflexive par un sujet situé. Il s'agit d'une forme de présence sensible, ni purement objective ni strictement subjective, mais inscrite dans un champ relationnel entre le monde et le corps percevant. Ce phénomène peut être rapproché de la notion de Stimmung dans la tradition phénoménologique, en tant que tonalité affective d'un lieu ou d'une situation. L'atmosphère s'impose comme un fond perceptif immersif, structurant notre expérience sans nécessairement se laisser nommer ou localiser. Dans le champ artistique, elle se manifeste par des modulations sensibles — lumière, texture, spatialisation sonore — qui produisent une présence ou une tension perçue sans médiation discursive. Pour le concept de Böhme voir : BÖHME, Gernot. *Atmosphäre: Essays zur neuen Ästhetik* Frankfurt am Main, Suhrkamp. 1993

13.11 Déploiement de l'œuvre : mémoire, réception et circulation

Umwelt est née d'un processus intimement lié à l'expérimentation, à l'éphémère et à l'agencement de tranches de vies sonores capturées en environnement naturel. Comment une création, fondée sur un équilibre entre l'improvisation, l'interaction en temps réel et des matériaux sonores, peut-elle perdurer au-delà d'une fixation sous forme unique et définitive ?

13.11.1 L'archive active : au-delà de la trace

Dès le départ, *Umwelt* est envisagée non seulement comme une pièce à ré-interpréter, mais aussi comme une archive vivante issue d'un écosystème dynamique, capable de laisser des traces actives, d'accueillir des écoutes plurielles, et de muter vers de nouveaux supports.

Les quarante minutes de la version de concert ne sont que la partie émergée d'un iceberg de données. Le véritable corpus de l'œuvre inclut des heures d'enregistrements de terrain, les sessions Reaper multicanales, les configurations logicielles de Sound Trajectory : support de la cinétique spatiale au delà de simples automations, de scripts de traitements, d'annotations de travail, et de captations des répétitions. Ce corpus ne constitue pas seulement une documentation *a posteriori* ; il forme une archive qui conserve évidemment l'objet diffusé, mais dont l'archive conserve la logique de sa construction, ses matériaux, et surtout la potentialité de ses chemins non empruntés.

A ce stade, il pourrait s'agir d'une simple archive, deux disques durs en backup suffisent à maximiser les chances de conserver des données brutes. Il n'y aurait pas de grande originalité à vouloir simplement garder trace des documents de travail.

Techniquement, depuis une quinzaine d'années, je veille à conserver les instruments, les machines et les environnements logiciels m'ayant permis de concevoir des œuvres. Je conserve également dans des bases de données les sons capturés, enregistrés et générés. Jusque-là, tout est encore relativement aligné avec des pratiques usuelles. La conception de l'archive est pensée pour permettre une réactivation future. Cette considération d'archive potentiellement reactivable ne vise pas uniquement son stockage mais exige de garantir sa réinterprétabilité[564]. Il s'agit donc de préserver non seulement le résultat final, mais aussi la logique interne de sa construction, ses processus et ses potentialités. L'enjeu est à documenter la relation entre l'œuvre et ses conditions de production. L'archive doit constituer une mémoire de l'acte qui rend le processus de création traçable et intelligible. Ainsi, elle ne se limite pas à garder une trace, elle maintient l'œuvre et son processus ouverts à de futures explorations analytiques ou créatives.

[564] BACHIMONT, Bruno. *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Paris : Hermès-Lavoisier. 2007, 288 p. « chapitre 8 : Problématiques documentaires » et « 10.2.2 enjeux culturels »

Mais ce qui m'intéresse réellement, outre les possibilités de pouvoir réactiver une œuvre, porte sur un aspect bien plus terre à terre. L'archive active est un acte littéral de conservation. Dans cinquante ans, si un chercheur ou un musicien souhaite étudier *Umwelt*, il aura accès non seulement au master, mais aussi aux matériaux bruts. Il aura accès également au son d'une espèce de chiroptères qui peut-être, auront disparu de ce territoire. La pièce, au-delà de sa valeur esthétique, acquiert ainsi une valeur documentaire et prospective, témoignage sonore de la biodiversité d'un lieu à un moment donné de son histoire. Cet archivage est un geste de responsabilité, un pont construit entre ma pratique artistique et les sciences du vivant. C'est une des conséquences de l'approche symbiotique que j'ai déjà formulée en amont[565].

13.11.2 Écoute symbiotique

La première de l'œuvre lors du festival *Fareway* à Césaré[566] à Reims, a été un moment de vérité particulièrement révélateur. L'auditoire était remarquablement hétérogène : des amateurs de musique classique attirés par la présence du piano et du violoncelle, des jeunes familiers des cultures électroniques, des habitués de la musique expérimentale. Malgré cette diversité, la pièce a été accueillie avec une adhésion étonnamment consensuelle.

J'attribue cette réception à une sorte d'empathie non pas réellement pour la musique mais pour l'expérience de symbiose qu'elle suscite : mais s'agit-il d'une expérience, ou d'une écoute symbiotique ? Les sons issus d'environnements naturels, par leur familiarité et leur pouvoir d'évocation, semblent créer un cadre d'écoute inclusif et accueillant. Cette hospitalité esthétique a eu pour effet, je crois, de neutraliser certaines résistances habituelles face à l'austérité des pratiques musicales jugées difficiles par les publics non sympathisants. Les textures bruitistes, les jeux instrumentaux étendus ou les passages d'improvisation libre, qui auraient pu heurter un public non averti, ont été intégrés et acceptés, comme légitimés par leur insertion dans ce paysage sonore plus élargi.

Les retours du public confirment cette intuition. Beaucoup n'ont pas tant parlé de la musique en elle-même que du « message » qu'ils y ont perçu : une sensibilité à l'écologie, une réflexion sur les tensions entre l'espace naturel et l'espace anthropique. Cela valide pour moi la pertinence de l'approche symbiotique : la pièce a fonctionné comme un espace de médiation sensible, où chaque auditeur a pu projeter ses propres affects et réflexions, bien au-delà de mes intentions initiales.

---

[565] Cette approche a émergé au cours de collaborations avec la bioacoustique pour la réalisation des œuvres : *Chiro* (2016) et *Hidden Underwater Sound Life* (2019).

[566] Invité par Philippe Gordiani, le directeur du Centre de création musicale. Gordiani propose comme projet pour Césaré d'explorer la notion d'espace, l'espace des sons, leurs mouvements, mais aussi les espaces d'écoute, de représentations et de concerts, en portant un regard attentif aux questions environnementales et à la participation des habitants.

13.11.3 Perspectives et circulation intermédiatique

Umwelt n'a jamais été pensée comme une œuvre close, un objet destiné à être figé dans sa forme de concert. Je l'ai dès le départ conçu comme un modèle évolutif, capable de muter et de s'adapter à différents contextes de diffusion. Cette circulation intermédiatique n'est pas une stratégie de valorisation, mais une extension de ma démarche de recherche.

Plusieurs déclinaisons sont d'ores et déjà envisagées :

- Une installation sonore muséale, où l'œuvre serait diffusée en boucle, créant un environnement permanent que le visiteur pourrait traverser librement.
- Une transposition en Réalité Virtuelle (VR), permettant au public de se déplacer dans un espace sonore tridimensionnel, d'en explorer les couches et de recomposer un parcours d'écoute personnel.

Chacune de ces formes n'est pas une simple adaptation, mais une mutation de ses conditions de réception. Elle pose de nouvelles questions sur la perception, la mémoire sonore et l'engagement corporel, et devient ainsi un instrument d'investigation sensible à part entière. Cette approche, qui pense l'œuvre dans sa relation à ses supports matériels, vise à préserver non pas un format, mais la cohérence de ses régimes de lisibilité. Le devenir de l'œuvre ne tient pas à sa fixation, mais à sa capacité à circuler, à se transformer, et à continuer de produire du sens dans des contextes multiples.

13.12 Conclusion : composer avec les « espaces propres ».

Au terme de ce parcours analytique, *Umwelt* se révèle moins comme une réponse esthétique à un contexte écologique, que comme une forme d'engagement perceptif, articulant dans un même geste les dimensions sensibles, techniques et réflexives de ma pratique de compositeur. En m'inscrivant dans une démarche de création-recherche, j'ai souhaité opérer un déplacement du centre de gravité de l'œuvre : de l'objet musical vers le milieu de sa perception, de la forme close vers le dispositif ouvert, de l'intention du compositeur vers l'interaction avec l'auditeur.

La spatialisation immersive des espaces est au cœur de mon projet comme dynamique de ma pensée musicale. L'approche compositionnelle met en place un espace d'attention relationnel où les sons dialoguent, coexistent et s'agencent à la manière d'un écosystème dans une logique symbiotique : elle m'invite à penser la composition non comme une juxtaposition, mais comme une configuration de cohabitations.

Cette approche trouve son prolongement naturel dans une posture documentaire attentive, qui ne se limite pas à archiver l'œuvre, mais cherche à en déployer les logiques opératoires pour permettre sa relecture et sa circulation. Par ce biais, *Umwelt* devient également un vecteur de connaissance, non pas au sens démonstratif, mais comme expérience transductive, où le savoir circule à travers les formes sensibles, les gestes techniques et les dispositifs perceptifs.

Enfin, l'œuvre s'ouvre à une pluralité de supports, de versions et de situations d'écoute. Il ne s'agit plus seulement de produire un objet à interpréter, mais un espace où la technologie trouve sa justification dans les modes d'écoute des formes sonores du vivant.

En ce sens, *Umwelt* est une contribution à une écologie artistique attentive à la fragilité des milieux, aux dynamiques de coexistence et à la puissance évocatrice du son comme révélateur de nos rapports au monde. L'expérience de réalisation et de diffusion de l'œuvre propose un lieu d'un savoir en acte, à la fois sensible, critique, et je l'espère, profondément relationnel.

L'œuvre est aujourd'hui disponible sur les plateformes de streaming qui prennent en charge le format Dolby Atmos[567] (figure 155). Ce choix implique un processus de mixage spécifique : l'Atmos repose sur un audio orienté objets, avec un rendu calculé en temps réel selon le dispositif de diffusion. Ce modèle offre une souplesse technique et artistique, mais son déploiement sur les plateformes entraîne des compromis. En pratique, la musique en Atmos est diffusée au public via des flux compressés (Dolby Digital Plus JOC pour les enceintes, AC-4 IMS pour les casques), ce qui limite la qualité d'écoute par rapport aux masters lossless ou aux versions TrueHD destinées au cinéma. Ainsi, si l'expérience en studio permet de saisir pleinement la richesse du mix, l'auditeur grand public accède à une version compressée par la chaîne de distribution, contrainte notamment par les débits HDMI et les codecs utilisés.

Ce chapitre ne cherche pas à détailler le workflow Atmos dans sa dimension technique, il s'agit plutôt de situer ce travail dans une dynamique émergente : le mixage immersif pour la diffusion en ligne doit être pensé à partir de l'audio par objets, indépendamment des limites actuelles des formats compressés. L'intérêt réside moins dans la description des solutions propriétaires de Dolby que dans la possibilité, à travers l'ADM et la compatibilité généralisée des stations de travail, de préparer dès maintenant des masters orientés objets, susceptibles d'être réédités dans de futurs environnements de diffusion en haute résolution.

En ce sens, le format Atmos représente une étape intermédiaire : il assure une visibilité immédiate et une accessibilité large, tout en illustrant les tensions entre standardisation industrielle et exigence artistique. L'avenir de la diffusion immersive passera sans doute par des plateformes capables de délivrer un rendu « pleine bande » sans compression, mais dès à présent, la pratique du mixage objet permet d'anticiper ces évolutions. C'est ce critère qui mérite d'être retenu, au-delà des limites techniques actuelles, car il ouvre la voie à une continuité des masters vers de nouvelles générations de formats immersifs.

[567] https://www.dolby.com/technologies/dolby-atmos/

Figure 155 : Pochette d'*Umwelt*[568] pour la sortie sur les plateformes en Dolby Atmos : https://bfan.link/umwelt. Source : Maxence Mercier (2025)

[568] Une version stéréo et des photos de la création sont disponibles à cette adresse : https://maxencemercier.com/umwelt (consulté le 10 juillet 2025)

Chapitre 14 *Voices of fragments*

14.1 Présentation

Voices of Fragments — sous titré *Making Memories out of a Difficult Heritage* — est une installation immersive co-réalisée avec Rosa Cinelli dans le cadre du PhD Lab du Centre de recherche et de création XR2C2 à Cannes.

Elle a pour objectif de diffuser la recherche portant sur le processus judiciaire lié aux attentats du 13 novembre 2015 (dits « V13 ») conservée aux Archives nationales à Paris, à travers une installation sonore immersive. Cette installation propose de reconstituer la trajectoire d'un chercheur fictif s'intéressant à un patrimoine sensible et protégé, encadré par la loi Badinter de 1985.

L'œuvre prend la forme d'une partition sonore construite à partir d'extraits d'entretiens avec des archivistes françaises ayant classé les enregistrements audiovisuels du procès. Concrètement, une composition sonore générative spatialisée interagit avec les déplacements des visiteurs dans l'espace, offrant une expérience d'écoute collective et immersive. Les variations sonores établissent une gradation d'exposition, destinée à susciter différents niveaux d'engagement émotionnel avec les documents.

Le dispositif sonore est couplé à un élément visuel : le scan 3D d'une table d'archiviste recouverte de documents partiellement lisibles (figure 157). La réponse sonore varie selon la distance des spectateurs à cette projection, leur permettant d'explorer, en se déplaçant, un scénario narratif génératif non linéaire. Ce fonctionnement favorise des interprétations multiples, le contenu étant modulé en fonction de la position des visiteurs.

En explorant une immersion fondée sur une échelle d'intensité empathique, l'installation entend sensibiliser à l'existence d'un patrimoine difficile. Elle met en lumière les processus de fabrication de la mémoire, en soulignant les enjeux de construction et de médiation du souvenir, et ouvre de nouvelles perspectives pour la compréhension et l'interprétation de notre passé collectif.

Voices of Fragments se présente comme une installation immersive conçue pour interroger la manière dont la mémoire judiciaire peut être restituée par des moyens artistiques, en particulier à travers la spatialisation sonore interactive (figure 156). Conçu entre juillet 2023 et juillet 2024, le projet s'inscrit dans une dynamique de recherche-création collective qui explore la relation du corps à un espace sonore dramaturgique dynamique. Le projet a progressivement trouvé son ancrage thématique dans le contexte du procès des attentats du 13 novembre 2015, connu sous le nom de « procès V13 ». Ce dernier, en raison de sa durée exceptionnelle et de sa

portée symbolique, constitue un jalon singulier dans l'histoire judiciaire française contemporaine, posant des questions inédites sur la manière de conserver et de transmettre une mémoire traumatique à l'échelle nationale[569].

Figure 156 : Vue des écrans de tulle de l'installation. Source : Rosa Cinelli (2025)

L'installation réalisée vise à exposer les réflexions liées aux enjeux de la transmission, de la médiation, et de l'éthique de l'accès à des données sensibles issues des procès historiques. Le cœur du projet réside dans son approche indirecte d'un matériau archivistique légalement inaccessible, déplaçant le sujet de l'événement lui-même vers ses répercussions sur les individus chargés de sa conservation. Ce chapitre propose de suivre la trajectoire de la réalisation de *Voices of Fragments*, en articulant l'analyse des choix conceptuels et technologiques avec l'étude des interactions observées auprès du public. Le plan adopté présente les multiples contraintes liées aux archives, puis détaille le processus de réalisation technique et artistique. Une autre partie analyse le comportement des spectateurs et leurs retours critiques. Je reprends la structure utilisée par Rosa Cinelli, co-autrice de l'installation pour présenter son travail dans une thèse qui questionne l'épistémologie de « la preuve par l'image ». *Voice of fragment* était un cas critique où l'image ne peut être divulguée. Ce plan qui vise à offrir une compréhension exhaustive de l'œuvre se conclura sur les perspectives du projet qui, au delà de l'oeuvre produite, est également un processus de recherche poursuivant son évolution[570].

[569] CINELLI, Rosa. *Paradigms of evidence. Reframing forensic images through extended reality media*, thèse de doctorat, università degli studi di Milano et Université Côte d'Azur, 2025

[570] *Ibid.*

Figure 157 : Reconstitution 3D de la table de travail du chercheur virtuel. Réalisation à partir de la numérisation photogrammétrique des carnets de recherche des chercheurs ayant travaillé sur le suivi du procès. Cet objet volumétrique est projeté sur les écrans de tulle de l'installation.

14.2 Le paradoxe des Archives nationales : entre conservation et suspension

Le rôle des Archives nationales dans ce projet est fondamental et paradoxal. Elles ne constituent pas simplement une source de contenu, elles incarnent un espace physique et symbolique inscrit au cœur de la démarche créative[571]. C'est en leur sein que sont conservés les enregistrements du procès V13, un corpus monumental d'environ sept cents heures de captations audiovisuelles. Ces archives sont régies par la loi du 11 juillet 1985, dite loi Badinter[572], qui encadre la constitution d'archives audiovisuelles de la justice. Cette loi, tout en reconnaissant l'intérêt historique de tels enregistrements, en interdit la consultation publique pour une durée de cinquante ans, afin de protéger la vie privée des personnes impliquées, la sérénité des débats judiciaires, et le droit à l'oubli[573]. Cet encadrement juridique est indissociable de la fonction même de l'archive judiciaire : on conserve pour l'histoire, mais l'accès (notamment en termes de diffusion) est suspendu ou strictement régulé pendant plusieurs décennies.

Dans *Voices of Fragments*, cette impossibilité d'accès direct devient le principal moteur créatif et en fait un paramètre structurant, une contrainte esthétique et éthique. Cette situation place l'œuvre dans un dialogue direct avec les théories de l'archive et de la performance. La théoricienne Rebecca Schneider, dans ses travaux sur la performance et l'archive, analyse la tension entre le « reste » matériel (l'os, *bone*) et la performance vivante (la chair, *flesh*) qui, selon une logique archivistique traditionnelle, est vouée à la disparition[574]. L'archive est ce qui demeure, la performance ce qui s'évanouit[575]. *Voices of Fragments* opère une inversion fascinante de cette dialectique. Ici, l'archive matérialisée par l'enregistrement et la numérisation, ce qui restera (à savoir des fichiers vidéo annotés) est ce qui est rendu inaccessible à la sphère publique, par encadrement légal. En revanche, ce qui demeure accessible et devient la matière première de *Voices of Fragment*, est la mémoire vivante, l'expérience incarnée, et le témoignage des archivistes qui ont écouté, visionné et traité ces enregistrements. Ceux qui étaient récepteurs deviennent transducteurs non pas pour leurs fonctions, mais par leurs émotions.

A partir de leurs récits, le projet explore la dimension sensible et affective de l'archive. Les voix des archivistes deviennent une forme de « transmission de corps à corps » (*body-to-body transmission*)[576], un relais vivant qui porte la charge émotionnelle d'un matériau scellé. L'œuvre ne documente pas le procès, mais la performance du travail archivistique. Elle met en

---

[571] *Ibid.*

[572] La loi du 11 juillet 1985 relative aux archives audiovisuelles de la Justice

[573] *Ibid.*

[574] SCHNEIDER, Rebecca, *Performing Remains: Art and War in Times of Theatrical Reenactment*, Routledge, 2011, 272 p.

[575] *Ibid.*

[576] Schneider, R., *op. cit.*

scène ce que Schneider nomme les « restes performatifs » (*performing remains*)[577] : non pas la performance qui disparaît, mais celle qui persiste et se transmet à travers les corps, les gestes et les récits.

Pour Rebecca Schneider, la performance ne se réduit pas à la scène théâtrale : elle désigne tout acte incarné qui transmet un vécu, une mémoire ou un geste, y compris en dehors du champ artistique.

La référence au corps n'est pas ici métaphorique : elle est volontaire, pour signifier l'incarnation réelle de l'expérience vécue par les archivistes. Le procès V13 fut pour les archivistes une épreuve émotionnelle et physique qui s'est inscrite dans leur chair, bien au-delà de leur seule psyché. Ce point est confirmé par leurs témoignages qui relatent les difficultés à tenir sur la durée entière et exceptionnellement longue du procès, tout en exerçant un suivi attentif, leurs fonctions étant d'annoter chaque intervention afin de constituer les méta données de l'archive en devenir.

Les Archives nationales sont ainsi un lieu où se négocie une tension fondamentale entre la mémoire collective, incarnée par l'institution, et la confidentialité institutionnelle, qui impose le silence. *Voices of Fragments* donne une forme audible à ce paradoxe, en faisant de l'absence de la source principale le point de départ d'une nouvelle forme de présence mémorielle.

14.3 Valorisation et médiation : l'écoute forensique du travail invisible

La valorisation des archives opérée par *Voices of Fragments* prend une forme résolument indirecte, s'éloignant de toute logique de restitution intégrale ou de reconstitution spectaculaire. L'intention n'est pas de « montrer » ou de « rejouer » le procès, mais de donner à percevoir les conditions de son enregistrement et de sa conservation à travers le filtre de l'expérience humaine[578]. Cette approche rejoint les analyses de Jacques Derrida sur l'archive comme lieu de pouvoir, de commencement et de sélection, où ce qui est conservé (*arkheion*) et ce qui est transmis, ne coïncident jamais entièrement[579]. Le projet met en lumière cet écart en se focalisant sur le travail invisible des archivistes, ces figures de l'ombre qui organisent la mémoire de la société.

---

[577] *Ibid.*

[578] CINELLI, R., *op. cit.*

[579] DERRIDA Jacques, *Mal d'archive: Une impression freudienne*, Paris, Galilée, 1995. Derrida y développe l'idée que toute archive est traversée par une double pulsion : celle de conserver (désir de mémoire) et celle de détruire ou d'occulter (pulsion de mort). Ce « mal d'archive » se manifeste ici dans la coexistence d'un corpus soigneusement préservé — les enregistrements du procès V13 — et d'un interdit légal qui en suspend l'accès public pendant cinquante ans, illustrant ainsi la tension constitutive entre visibilité et invisibilité.

Pour analyser cette démarche de médiation, le concept d'« écoute forensique » (*forensic listening*) développé par l'artiste Lawrence Abu Hamdan offre un cadre théorique particulièrement pertinent. Abu Hamdan s'intéresse moins à ce qui est dit qu'à la manière de dire, aux détails extra-communicatifs comme la hauteur de la voix, le volume, l'accent ou même le silence, qu'il considère comme des formes de « preuves sales » (*dirty evidences*).[580] Ces preuves indirectes peuvent révéler des structures de pouvoir, de violence ou de contrainte, qui ne sont pas explicitées dans le contenu sémantique du discours. Dans son œuvre *Saydnaya (the missing 19 dB)*, il analyse la différence de décibels dans les chuchotements des anciens prisonniers pour prouver l'intensification de la violence et de la surveillance dans une prison syrienne[581]. De manière analogue, *Voices of Fragments* pratique une forme d'écoute forensique. L'installation n'écoute pas les témoignages des victimes ou des accusés du procès V13, mais les voix des archivistes. Elle est attentive aux inflexions, aux hésitations, aux descriptions de la charge émotionnelle, aux stratégies de mise à distance professionnelle, et aux gestes quotidiens qui rythment le travail de traitement des archives[582]. Ces éléments constituent une preuve indirecte, mais puissante, de la nature traumatique du matériau archivé.

Cette collection de traces affectives mène directement à la notion d'« archive des sentiments » (*archive of feelings*) proposée par la théoricienne Ann Cvetkovich. Cvetkovich plaide pour un archivage qui inclut les expériences traumatiques appartenant « autant à l'ordinaire et au quotidien qu'au domaine de la catastrophe »[583]. Elle propose de regarder au-delà du document factuel pour s'intéresser aux productions culturelles, aux performances et aux récits qui incarnent la trace affective d'un événement[584]. *Voices of Fragments* construit précisément une telle archive. Elle n'archive pas les faits du procès, mais le labeur émotionnel et la tension psychique

---

[580] LAWRENCE, Abu Hamdan, *Saydnaya (the missing 19 dB)* installation sonore, 2017. Dans l'approche de Lawrence Abu Hamdan, les "dirty evidences" ne sont pas des preuves falsifiées, mais des indices « impurs » au regard des standards juridiques — intonations, accents, silences, bruits de fond — qui échappent aux formats officiels de la preuve mais peuvent révéler une vérité essentielle. La notion d'« écoute forensique » (forensic listening), développée par l'artiste, désigne une pratique d'écoute analytique qui porte moins sur le contenu explicite des paroles que sur la manière dont elles sont prononcées. Elle s'attache aux indices extra-verbaux — intonations, accents, rythmes, silences, bruits de fond — qui, bien qu'ils soient souvent écartés des procédures judiciaires formelles, peuvent contenir une information décisive. Dans *Voices of Fragments*, le récit des archivistes transmet un éclairage sensible sur l'expérience du procès V13, mais ces témoignages n'ont aucune existence au sein même du processus judiciaire. Pourtant, les témoignages recueillis exposent des détails du procès qui ne figureront nulle part sur les conditions de "filmage", l'attitude hors caméra des inculpés, des témoins, des victimes, du jury... qui pourraient informer sur la nature et les conditions du procès, voir impacter son déroulement, et qui demeureront hors du cadre réglementaire ou technique de sa captation.

[581] *Ibid.*

[582] CINELLI, R. *op. cit.*

[583] CVETKOVICH, Ann. *An Archive of Feelings: Trauma, Sexuality, and Lesbian Public Cultures*, Duke University Press, 2003.

[584] *Ibid.*

vécus par les médiateurs de la mémoire. Elle documente les « textures de l'expérience quotidienne »[585] de ceux qui sont confrontés à un héritage difficile (*difficult heritage*)[586].

En ce sens, l'installation peut être comprise comme une forme de « contre-enquête » (*counter-forensic*), un terme employé par le collectif Forensic Architecture[587]. Si Forensic Architecture utilise des techniques architecturales et médiatiques pour enquêter sur des violences d'État et contester les récits officiels[588], *Voices of Fragments* tourne ce « regard forensique »[589] non pas sur le crime lui-même, mais sur le processus étatique de fabrication de la mémoire. En rendant audible le travail invisible et le coût humain de l'archivage, le projet offre un contre-récit à l'image lisse, objective et désincarnée de l'archive institutionnelle. Il expose la dureté, la complexité et la subjectivité inhérentes à tout acte de mémoire, devenant ainsi un outil de valorisation des archives qui respecte leur confidentialité tout en révélant leur profonde dimension humaine.

14.4 La partition invisible : cartographie et narration spatiale

Au cœur de l'écriture spatiale de *Voices of Fragments* se trouve une carte interactive qui fonctionne comme une « partition invisible »[590]. Cette carte n'est pas un simple plan technique, mais le fondement d'une dramaturgie où le déplacement du spectateur devient un acte de composition. Elle repose sur une modélisation précise de l'espace d'exposition, intégrant la position des zones sonores et visuelles, les seuils d'activation et les trajectoires possibles du public. Chaque pas, chaque hésitation, chaque changement de direction du visiteur déclenche ou module des fragments sonores, transformant le parcours physique en une expérience narrative unique et non reproductible à l'identique[591].

Cette approche de la narration spatiale entre en résonance directe avec les pratiques pionnières des artistes Janet Cardiff et George Bures Miller, notamment leurs célèbres « promenades audio » (*audio walks*)[592]. Depuis les années 1990, Cardiff et Miller créent des expériences où les

---

[585] *Ibid.*

[586] CINELLI, R. *op. cit.*

[587] Forensic Architecture, *Counter Investigations*, [Exposition], Institute of Contemporary Arts, Londres, 2018. https://forensic-architecture.org/programme/exhibitions/counter-investigations (consulté le 9 août 2025)

[588] *Ibid.*

[589] *Ibid.*

[590] CINELLI, R. *op. cit.*

[591] *Ibid.*

[592] CARDIFF, Janet, et George, Bures Miller. *Münster Walk*, [Promenade audio], Münster, Allemagne, 1997. Cette œuvre de 17 minutes invite le participant à parcourir la ville munie d'un casque audio, suivant la narration binaurale de Cardiff qui mêle souvenirs personnels et indices sonores in situ. Le projet, inspiré par la perte du fils d'une amie, joue sur la superposition entre réalité et fiction. Présenté dans le cadre de l'édition 1997 de l'événement, il comprenait aussi une installation vidéo au Westfälisches Landesmuseum für Kunst und Kulturgeschichte. Voir : cardiffmiller.com ; skulptur-projekte-archiv.de, (consultés le 9 août 2025)

participants, munis d'écouteurs, sont guidés par une voix qui superpose un récit fictionnel à l'environnement réel. Grâce à l'utilisation de l'enregistrement binaural, qui reproduit un son tridimensionnel d'un réalisme saisissant, ils parviennent à estomper les frontières entre le monde enregistré et le monde physique, créant une « confusion perceptive » et une sensation d'immersion quasi onirique[593]. Le spectateur devient un personnage de l'histoire, suivant les pas d'un protagoniste absent, comme dans *Münster Walk* (1997).

Bien que les moyens techniques diffèrent, *Voices of Fragments* utilisant des douches sonores directionnelles plutôt que des casques, le principe dramaturgique est similaire. Le spectateur n'est pas un simple auditeur passif, mais un explorateur actif dont le corps en mouvement active le récit. La structuration concentrique de l'installation, avec ses halos auditifs périphériques et son centre plus intelligible, induit une exploration progressive et intentionnelle, comparable au parcours guidé des promenades de Cardiff[594]. Dans les deux cas, l'espace physique est transformé en un espace narratif. Cependant, une distinction majeure apparaît : là où Cardiff et Miller superposent une fiction à la réalité, *Voices of Fragments* superpose des fragments de mémoire documentaires. La confusion perceptive recherchée n'est pas entre le réel et le fictif, mais entre l'expérience individuelle du spectateur et le murmure fragmenté d'une mémoire collective. Le visiteur ne suit pas les traces d'un personnage, mais navigue dans un « espace sensible »[595], composant par ses propres mouvements une écoute singulière au sein d'une archive polyphonique. La carte invisible de l'installation est donc moins un script à suivre qu'un instrument à jouer avec la déambulation du corps, faisant de chaque visiteur l'interacteur de sa propre traversée de la mémoire mise en scène.

14.4.1 Le dispositif technologique : l'interface entre corps, espace et mémoire

Voices of Fragments a nécessité le développement d'un écosystème technologique sur mesure, conçu pour fonctionner comme une interface réactive et transparente entre le corps du visiteur, l'espace d'exposition, et la mémoire fragmentée qu'il contient[596]. L'objectif était de créer un système où la technologie s'efface au profit de l'expérience, donnant au spectateur la sensation d'interagir avec un environnement organique. La scénographie est volontairement minimaliste, ne laissant visible que des écrans de tulle recevant l'image de vidéoprojecteurs distants.

Le suivi des déplacements du public constitue la première brique de ce dispositif. Il est assuré par un réseau de caméras infrarouges volumétriques (Kinect) disposées en hauteur, qui quadrillent l'ensemble de la zone d'exposition. Ces capteurs sont capables de localiser en temps réel la position de plusieurs spectateurs simultanément. Les coordonnées de localisation de

[593] *Ibid.*

[594] CINELLI, R. *op. cit.*

[595] *Ibid.*

[596] *Ibid.*

chaque visiteur sont transmises en continu à un système central qui les interprète en fonction de la cartographie interactive préétablie (figure 158).

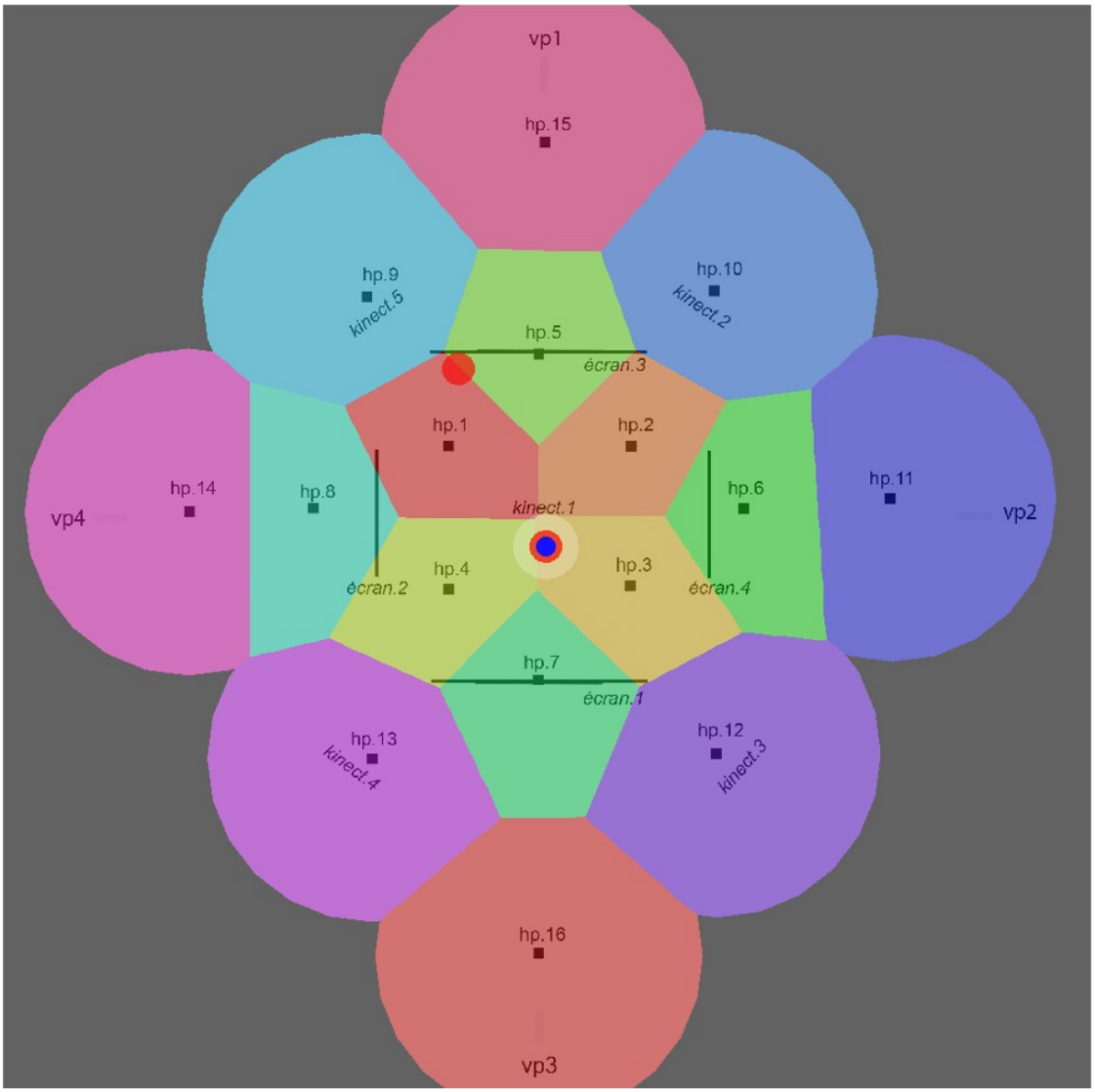


Figure 158 : Visualisation des zones d'interaction depuis l'interface du Max et Jitter, les points rouge et bleu indiquent la présence d'interacteurs dans l'installation. Source : Maxence Mercier (2025)

Ces données de positionnement sont ensuite traitées par un moteur de spatialisation sonore dérivé de celui de Sound Trajectory[597] et de son module *Spatial partition mapping.* Ces logiciels spécialisés agissent comme orchestrateurs sonores de l'installation, synchronisant les mouvements des visiteurs avec la diffusion sonore. Ils gèrent la partition invisible de l'œuvre, activant, désactivant ou modulant les différents fragments sonores en fonction de la localisation

[597] voir chapitre 11 : « Avec Sound Trajectory »

des spectateurs dans les zones prédéfinies. Les adaptations spécifiques du moteur de l'installation ont été dictées par sa capacité à gérer des scénarios interactifs complexes pour piloter un grand nombre de sources sonores de manière dynamique.

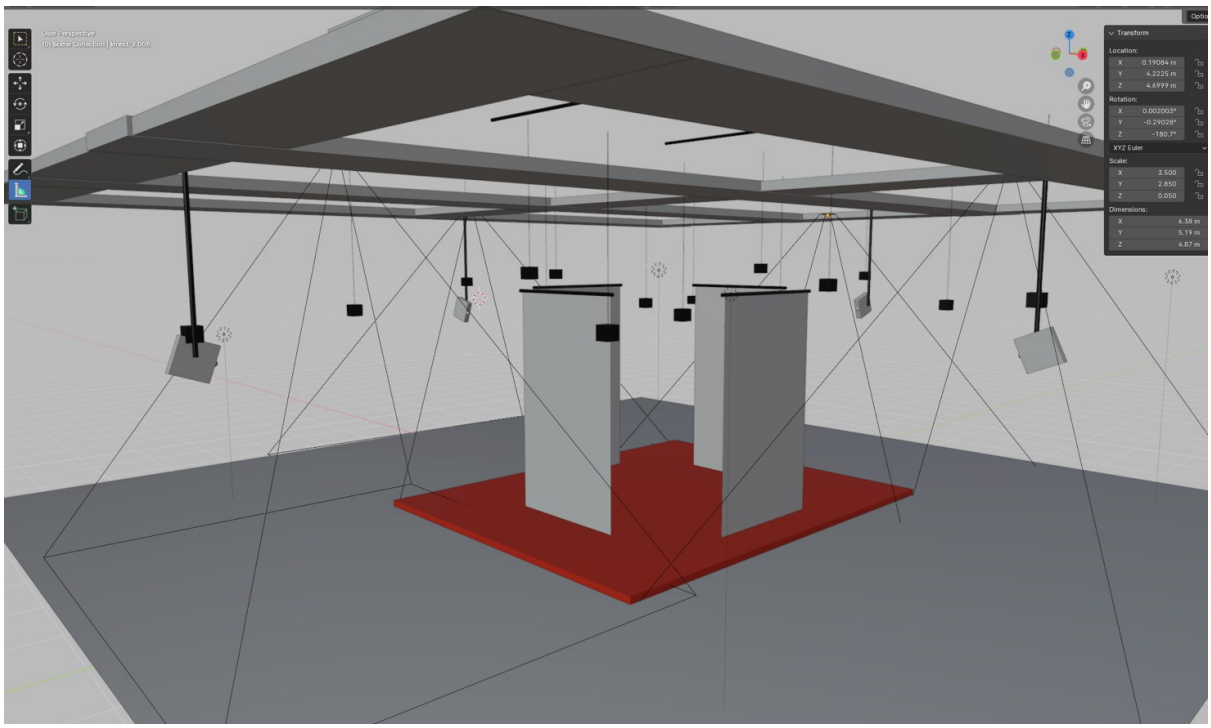


Figure 159 : Prévisualisation 3D du dispositif, les surfaces au centre sont des écrans de tulle légers et transparents sur lesquels une image « affordante » est projetée. Source : Maxence Mercier (2025)

La diffusion sonore elle-même repose sur l'utilisation de « douches acoustiques » ou haut-parleurs directionnels (figure 159). Nous utilisons le dispositif de haut-parleurs du « parapluie immersif » permettant de créer des zones d'écoute très ciblées, où le son est audible de manière claire et précise dans l'axe des haut-parleurs et s'atténue fortement avec deux à trois pas de côté. Ce choix technique concourt à la dramaturgie de l'œuvre : il permet de limiter l'impact des chevauchements entre les différentes zones sonores, participant à l'intelligibilité des voix tout en maintenant une continuité perceptive avec les nappes sonores plus diffuses de la périphérie. Chaque douche sonore agit comme une source ponctuelle, créant des zones d'écoute contrastantes que le visiteur traverse au fil de son parcours.

Sur le plan visuel, le dispositif est complété par des projections sur des écrans de tulle. Les images projetées sont issues de relevés photogrammétriques des carnets de notes personnels des archivistes réalisés lors du procès[598] (figure 160). Ces carnets ont été modélisés en 3D, mais leur rendu a été volontairement dégradé. La résolution a été réduite, créant un flou ne laissant apparaître que les formes d'objets composites. Cette esthétique de l'opacité visuelle fait écho

[598] L'équipe accompagnant les archivistes est constituée de chercheurs et doctorants ayant pour objet d'étude la documentation du procès. Ces carnets témoignent de leurs travaux sous une forme brute, mais dont le contenu est laissé volontairement illisible dans le rendu visuel de la projection vidéo.

à la fragmentation du son et renforce la posture éthique et critique du projet[599]. L'ensemble de ces éléments — capteurs, logiciels, haut-parleurs et projections — forme un système intégré qui fait du corps en mouvement le principal vecteur de l'expérience mémorielle.

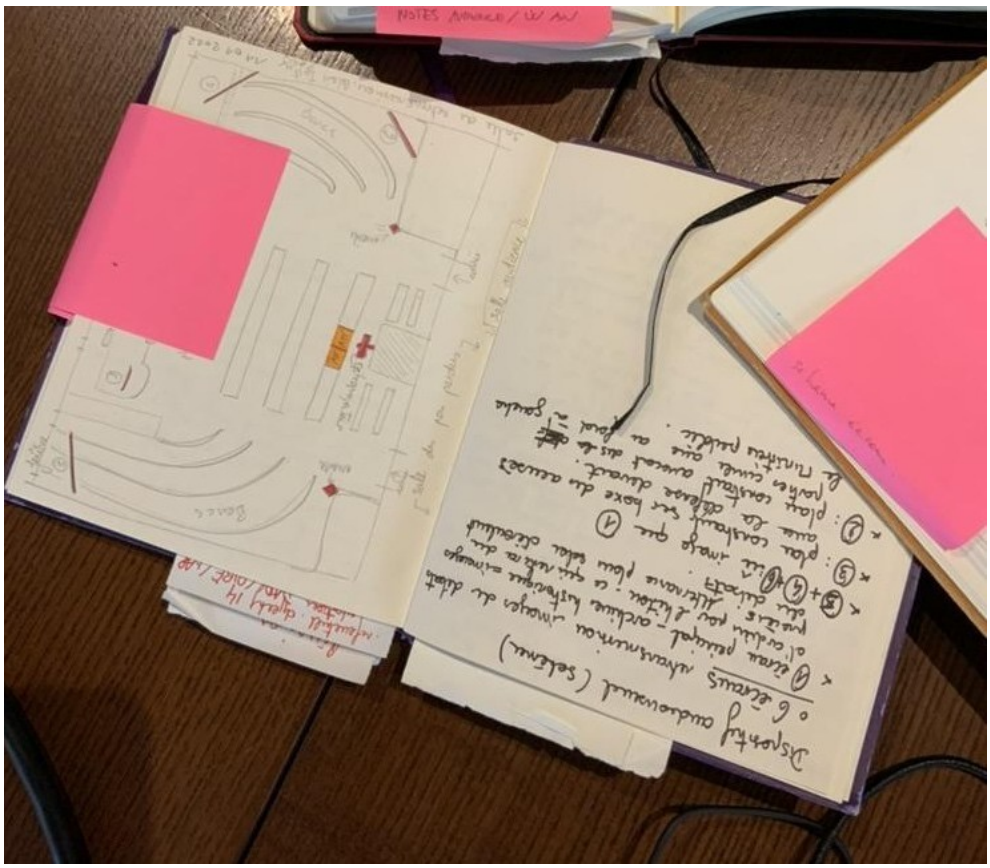


Figure 160 : Gros plans sur une page d'un des carnets de recherches laissant entrevoir sous les post-it un plan de la salle d'audience. Source : Maxence Mercier (2025)

14.4.2 Implémentation et calibrage : l'environnement organique

La mise en place de *Voices of Fragments* dans un espace d'exposition est un processus qui exige une coordination minutieuse entre les composantes matérielles (haut-parleurs directionnels, écrans de tulle, capteurs infrarouges) et les modules logiciels. L'un des défis majeurs réside dans l'adaptation du dispositif aux caractéristiques architecturales et acoustiques de chaque lieu. Pour que l'expérience conserve son intégrité dramaturgique et que le spectateur perçoive l'installation comme un environnement organique et réactif, un travail de réglage fin est indispensable.

La première étape de cette implémentation est le calibrage acoustique. Chaque lieu d'accueil possède une signature acoustique unique, avec des temps de réverbération, des phénomènes d'absorption, et des fréquences de résonance qui lui sont propres. Pour compenser ces variations, les zones sonores sont adaptées vis à vis des contraintes en ajustant les niveaux de diffusion, l'égalisation et les paramètres de directivité de chaque douche sonore afin de garantir une

[599] R. Cinelli, *op. cit.*.

intelligibilité optimale des voix et d'éviter les interférences indésirables entre les zones. Les seuils d'activation, qui déterminent le moment où un son est déclenché par l'approche d'un visiteur, sont également réglés avec précision directement sur la partition spatiale (*Spatial partition mapping*). L'objectif est d'assurer des transitions fluides et sans latence perceptible pour maintenir l'illusion d'un espace sonore continu et sensible à la présence du spectateur.

14.4.3 Lutherie numérique du dispositif de cartographie sonore

L'architecture logicielle du projet a été conçue dans une optique de modularité et de flexibilité. Cette conception permet d'adapter relativement facilement la cartographie sonore et interactive à des espaces d'exposition aux dimensions et aux configurations variées. La partition invisible peut être redessinée, les zones redimensionnées et les contenus sonores ré-assignés — sans avoir à recompiler l'ensemble du programme. Cette flexibilité est essentielle pour envisager la diffusion de l'œuvre dans des contextes multiples — musées, centres d'art, galeries — tout en préservant son intégrité conceptuelle et son pouvoir d'immersion. Ce travail de calibrage, bien que technique, permet à la technologie de s'effacer au profit de l'expérience du spectateur.

Techniquement ces ajustements de la distribution des zones interactives sont facilités en utilisant les propriétés des diagrammes de Voronoï. La division de l'espace par cellule Voronoï permet de garantir l'affordance d'un point sonore vis-à -vis de son interaction.

14.4.4 Construction et utilisation d'un diagramme de Voronoï pour la spatialisation sonore

Le diagramme de Voronoï est un outil géométrique issu de la triangulation de Delaunay, utilisé dans de nombreux domaines pour partitionner un espace en zones distinctes à partir d'un ensemble de points générateurs. Dans un contexte strictement technique, sa mise en œuvre vise l'optimisation des calculs ou la gestion efficace de ressources. Ici, le cadre est tout autre : il s'agit d'une installation sonore, dont la finalité n'est pas de produire une œuvre musicale, mais de proposer un espace interactif où les corps des spectateurs participent à la construction de l'expérience. Le choix d'utiliser Jitter repose sur sa flexibilité et sur la maîtrise accumulée dans sa manipulation, permettant de dépasser la seule logique d'implémentation algorithmique. Les ajustements ne sont pas définis uniquement par la cohérence mathématique, mais par des essais répétés, directement orientés par l'observation et l'écoute du résultat en situation. Ainsi, la structure géométrique devient le support d'un processus d'affinage perceptif continu.

Développement dans l'environnement Jitter

La première étape consiste à placer dans un environnement 3D Jitter des objets coniques[600] représentant la position réelle des haut-parleurs dans l'installation. Cette représentation volu-

[600] La spirale plusieurs fois évoquée dans ce manuscrit, profite elle-aussi des cônes qui offrent un support parfait pour modéliser une spirale sur la surface d'un cône.

métrique, bien que non nécessaire pour un calcul purement 2D, permet de maintenir une correspondance visuelle entre la simulation et l'espace physique (figure 161 et 162). Les cônes sont ensuite projetés par une caméra orthonormée dans le plan horizontal, produisant une image plane qui conserve les proportions et la disposition exacte des points générateurs. Dans un contexte strictement fonctionnel, on aurait pu se limiter à un calcul direct des coordonnées 2D et à l'appel d'un algorithme optimisé de Voronoï, mais ici, le passage par la scène 3D favorise une approche plus plastique, et ouvre la possibilité d'intervenir visuellement sur la configuration spatiale.

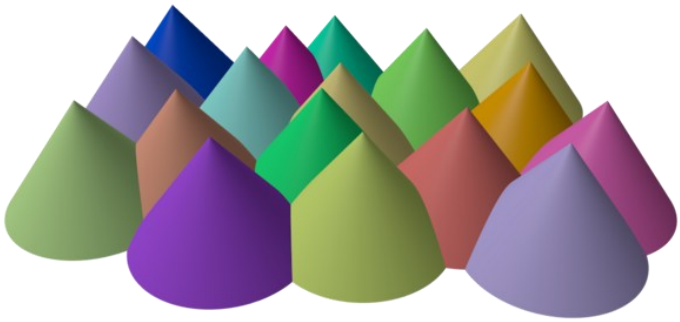


Figure 161 : Vue 3D montrant les cônes en perspectives. Source : Matt Keeter[601]

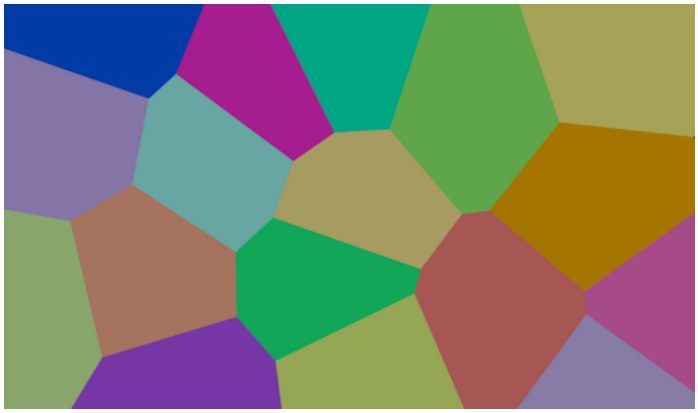


Figure 162 : Projection orthonormée de la scène 3D, utilisée pour calculer les positions génératrices du diagramme de Voronoï. Source : Matt Keeter

Calcul du diagramme et considérations alternatives

Le diagramme de Voronoï est produit à partir des coordonnées projetées des cônes. Ce calcul est mathématiquement équivalent à celui obtenu par une triangulation de Delaunay suivie d'une

[601] Matt KEETER propose une solution particulièrement élégante pour calculer les diagrammes de Voronoï sur GPU. Son article constitue également une source de référence pour la description de la technique de « vue orthogonale par le dessus de cônes », dont l'origine remonterait aux actes de la conférence SIGGRAPH 99 voir : https://www.mattkeeter.com/projects/swingline/ (consulté le 9 août 2025).

extraction de sa structure duale[602]. Dans d'autres environnements, ce traitement pourrait être accéléré par des bibliothèques spécialisées en géométrie computationnelle ou en utilisant des structures de données dédiées (half-edge, quad-edge)[603]. Ici, les fonctions graphiques et matricielles de Jitter suffisent, car le calcul ne se fait qu'une seule fois à l'initialisation (figure 163). Ce choix permet de rester dans un environnement unique, où les manipulations peuvent être visuelles, modulaires et immédiatement testées. Cette liberté de modification en direct est essentielle dans un processus où la pertinence est évaluée par l'écoute et la réaction des spectateurs, plus que par un indicateur de performance machine.

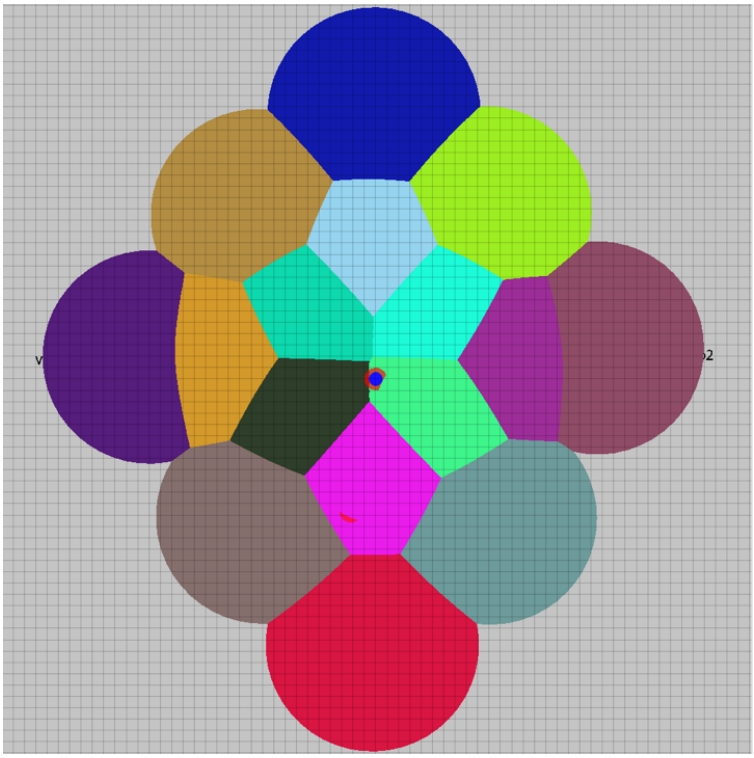


Figure 163 : Diagramme de Voronoï obtenu à partir de la projection plane des centres des cônes, chaque cellule correspondant à la zone d'influence d'un haut-parleur. Source : Maxence Mercier (2025)

[602] En géométrie, on appelle « duale » la structure obtenue en échangeant le rôle des éléments d'une subdivision : les sommets deviennent des faces, les faces deviennent des sommets, et les arêtes sont réorganisées en conséquence. Ainsi, le diagramme de Voronoï est le dual de la triangulation de Delaunay : chaque cellule de Voronoï correspond à un sommet de la triangulation, et les arêtes relient les centres des cercles circonscrits des triangles adjacents. Voir GUIBAS, Leonidas & STOLFI, Jorge. « Primitives for the manipulation of general subdivisions and the computation of Voronoi diagrams ». *ACM Transactions on Graphics* , vol. 4, no. 2, p. 74-123, 1985, https://doi.org/10.1145/282918.282923

[603] Les structures de données dites « half-edge » et « quad-edge » sont utilisées en géométrie computationnelle pour représenter et manipuler efficacement des subdivisions planaires ou des maillages polygonaux. La première décompose chaque arête en deux demi-arêtes orientées, ce qui facilite la navigation locale (sommets, arêtes, faces adjacentes). La seconde, introduite par Guibas et Stolfi (1985), généralise ce principe pour stocker simultanément une subdivision et sa structure duale, permettant par exemple de passer directement d'une triangulation de Delaunay à son diagramme de Voronoï sans recalcul.

Calcul du gradient par extrapolation vers le barycentre

Contrairement à un gradient radial isotrope, la modulation interne de chaque cellule est calculée par extrapolation de sa forme polygonale vers son barycentre. Le contour est contracté par étapes jusqu'à ce point central, chaque niveau d'interpolation recevant une valeur d'opacité (alpha). La décroissance de alpha suit une courbe logarithmique, ce qui modifie la perception sonore : la variation n'est pas uniforme, mais accentue ou adoucit les transitions selon la vitesse du geste. Cette approche garantit l'absence de recouvrement par défaut, car la progression reste strictement contenue dans les limites de la cellule. Une option permet toutefois d'autoriser un léger débordement contrôlé vers les zones voisines, créant un effet de crossfading ou un tuilage de l'espace physique, selon le réglage choisi. Ce paramétrage, loin d'être un simple effet technique, a une incidence directe sur la continuité sonore et sur la sensation de circulation dans l'installation (figure 164).

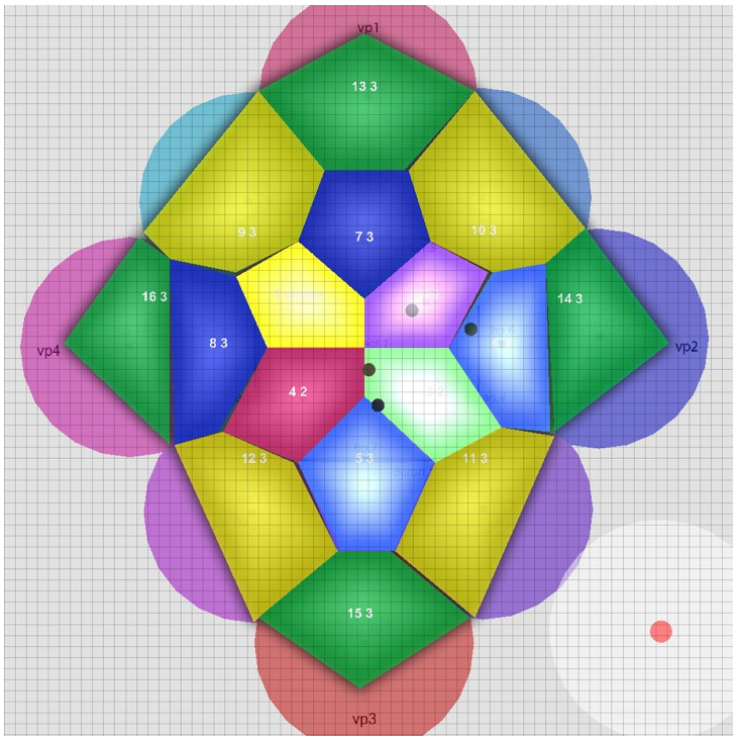


Figure 164 : Calcul du gradient par extrapolation de la forme polygonale de la cellule vers son barycentre, avec décroissance logarithmique de l'opacité. Option activée : léger débordement permettant un crossfading entre zones voisines, obtenu par un flou gaussien

Architecture hors temps réel et interrogation en temps réel

Une fois la cartographie générée et les gradients calculés, toutes les données sont stockées dans une matrice Jitter à *n* dimensions (une par cellule). En phase de fonctionnement, les coordonnées des spectateurs, captées par un réseau de cinq caméras Kinect couvrant la zone d'installation, sont traduites en pointeurs qui interrogent directement cette matrice (figure 165). Les valeurs renvoyées déterminent simultanément la zone active et le volume correspondant. Ce mode d'accès mémoire direct minimise l'itération des calculs et permet une réponse instantanée aux

déplacements, même si le système ne recherche pas l'efficacité optimale d'un moteur graphique temps réel spécialisé. La stabilité et la lisibilité de l'interaction sont privilégiées, ce qui correspond à la vocation de l'installation : un espace perceptif où le lien geste–son doit rester clair et réactif (figure 166).

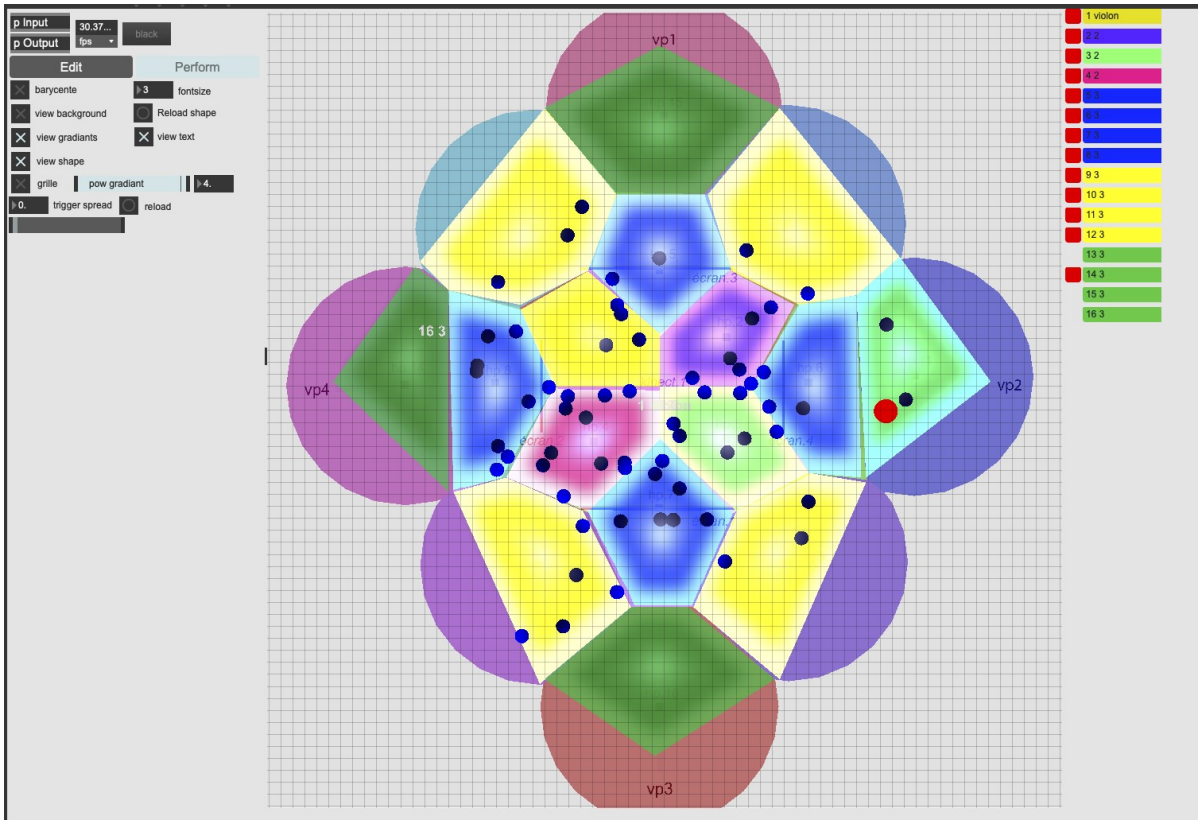


Figure 165 : Interface de Spatial Partition Mapping en fonctionnement avec 64 interacteurs virtuels, zones en surbrillance active, déclenchant la lecture d'échantillons audio. Source : Maxence Mercier (2025)

Lecteur polyphonique et intégration compositionnelle

Les données extraites alimentent un lecteur polyphonique inspiré du sampler de Sound Trajectory. Chaque cellule peut déclencher un échantillon sonore distinct, modulé par le gradient pour des transitions fluides. Dans une logique purement musicale, on pourrait envisager des enveloppes et articulations plus complexes. Ici, l'absence de ces couches supplémentaires participe à la cohérence de l'installation : les sons sont déclenchés et maintenus par le seul mouvement du spectateur, et leur intensité varie en continu selon sa position. L'installation privilégie ainsi une relation directe entre le corps et le son, sans médiation instrumentale explicite, ce qui renforce la sensation d'immersion et d'appropriation de l'espace.

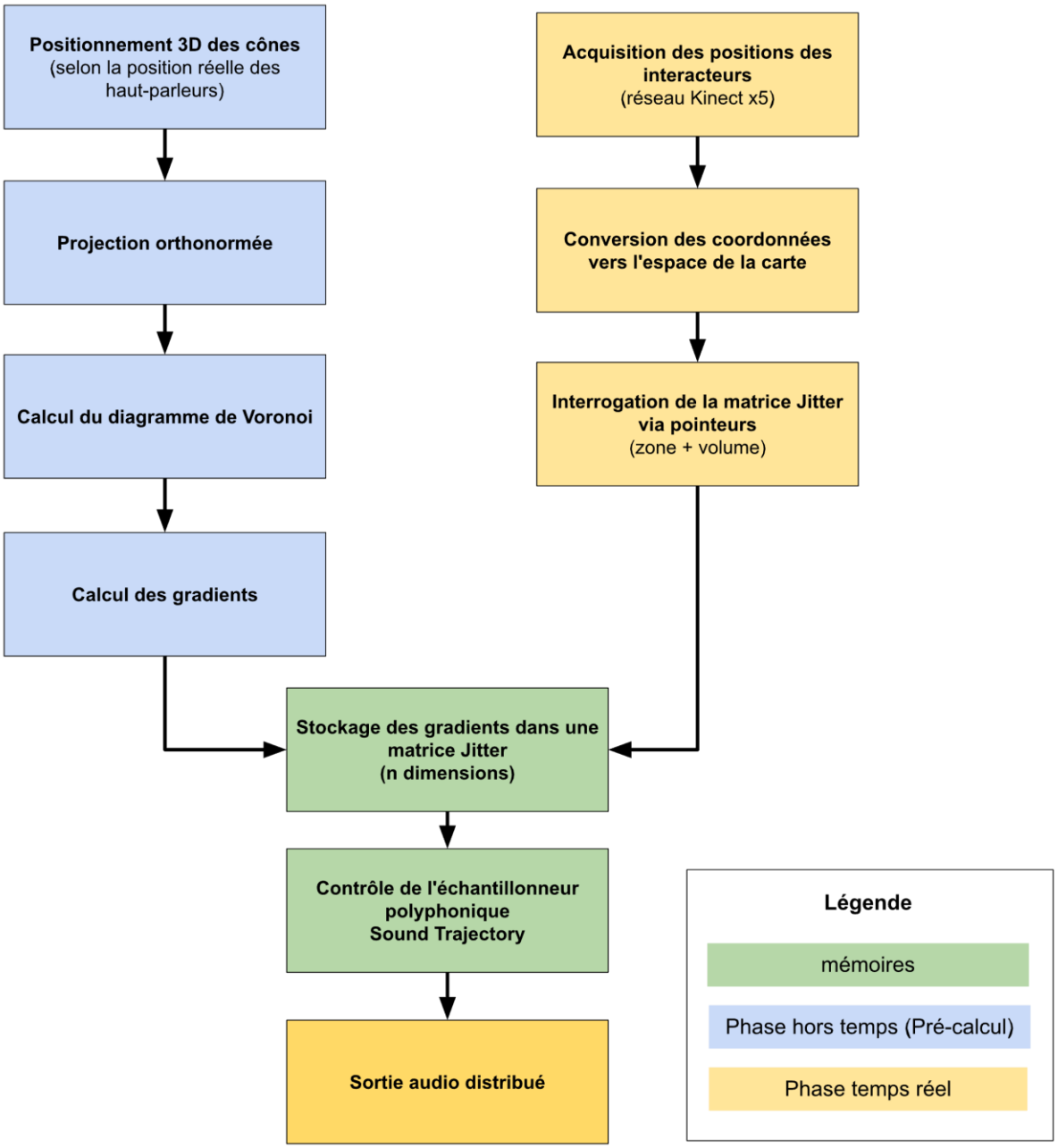


Figure 166 : Schéma fonctionnel distinguant la phase hors temps réel (pré-calcul) et la phase temps réel. La matrice Jitter constitue le point de jonction entre calcul initial et interaction dynamique. Source : Maxence Mercier (2025)

Perspective de développement pour une écriture de l'orchestration des interactions

En engageant leur corps dans une scénographie déambulatoire implicite, les participants activent un espace sonore qui, tout en se construisant en temps réel, convoque le souvenir et entretient la mémoire collective. La spatialisation, fondée sur une quantification barycentrique de l'espace en zones distinctes, révèle la partition de l'œuvre : la déambulation active successivement des cellules, et la traversée des gradients, déterminent la dynamique sonore. Le contrôle du volume, lié à la vitesse et à la continuité du mouvement, remplace ici les schémas classiques d'enveloppes d'attaque et de relâchement. Comme dans certains synthétiseurs MPE, la vélocité

du geste devient un paramètre expressif autonome, et l'arrêt dans une position agit comme un sustain modulable qui pourra laisser un temps à l'écoute.

La méthodologie adoptée ne cherche pas à optimiser l'implémentation selon des critères d'ingénierie stricte. L'usage maîtrisé de Jitter permet de dépasser la stricte fonction de calcul pour intégrer des ajustements perceptifs réalisés en permanence à l'écoute et à l'observation des effets produits. Cette « écologie de l'attention » privilégie la préservation de l'énergie créative et de la disponibilité mentale. Il s'agit moins de dominer un système que de l'habiter, de l'ajuster aux besoins de l'œuvre, et de réserver la complexité là où elle sert directement l'expression. Le dispositif devient ainsi un instrument où la morphologie de l'espace et l'énergie corporelle des participants se traduisent en une matière sonore vivante, modelée par la lenteur ou la rapidité du geste, et traversée par la mémoire partagée qu'elle contribue à raviver.

Le code du programme est disponible dans les annexes et sera intégré à la version 4 de Sound Trajectory dont les sources seront disponibles librement dans la base software héritage de HAL.

14.5 La polyphonie des trajectoires : une expérience relationnelle

La configuration spatiale de *Voices of Fragments*, notamment la disposition concentrique adoptée lors des premières présentations, répond à une logique dramaturgique précise : elle vise à créer un parcours initiatique où le spectateur progresse de l'indistinction vers la clarté, du murmure collectif à la voix singulière[604]. La périphérie de l'installation agit comme un espace d'acculturation auditive, où l'oreille s'habitue à une nappe sonore diffuse, une rumeur lointaine évoquant le bruit de fond de l'histoire. En se déplaçant vers le centre, le visiteur franchit des seuils qui rendent les voix des archivistes de plus en plus intelligibles, jusqu'à atteindre un point de tension où la charge émotionnelle des témoignages est la plus forte.

Cependant, la dimension dramaturgique ne réside pas seulement dans le parcours individuel, mais également dans la coprésence de plusieurs spectateurs. Leurs trajectoires se croisent, leurs déplacements simultanés activent différentes zones sonores, produisant une polyphonie imprévisible et toujours renouvelée. La densité sonore résultant des superpositions de fragments vocaux n'est pas un effet secondaire ou un parasite de l'expérience, mais une composante essentielle et désirée du dispositif[605]. Elle matérialise de manière concrète la thèse du sociologue Maurice Halbwachs selon laquelle la mémoire collective ne se construit pas comme un récit monolithique, mais par le recoupement, l'assemblage, et parfois la dissonance de récits partiels et de souvenirs individuels[606].

---

[604] CINELLI, R. *op. cit.*

[605] *Ibid.*

[606] HALBWACHS, Maurice, *La mémoire collectiv*e, 1950, rééd. (Paris : Albin Michel, 1997), p. 5 et 24. Dans *La mémoire collective* (1950), Maurice Halbwachs (1877-1945), sociologue français, montre que la mémoire d'un groupe ne constitue pas un récit unique, mais résulte de la mise en relation de souvenirs partiels portés par ses

Cette approche positionne *Voices of Fragments* dans le champ de l'esthétique relationnelle que le critique d'art Nicolas Bourriaud a théorisé[607]. Pour Bourriaud, l'art relationnel ne produit pas des objets à contempler, mais des situations à vivre, des « interstices sociaux »[608]. L'œuvre d'art prend « comme point de départ théorique et pratique l'ensemble des relations humaines et leur contexte social, plutôt qu'un espace indépendant et privé »[609]. Dans cette perspective, l'installation n'est pas le dispositif technique lui-même, mais l'ensemble des relations qui se nouent en son sein : relations entre chaque spectateur et les voix qu'il déclenche, mais surtout relations entre les spectateurs eux-mêmes, médiatisées par l'espace sonore partagé. Le sens de l'œuvre n'est pas préexistant ; il est « élaboré collectivement » à travers ces rencontres[610].

Cette dimension relationnelle trouve un écho dans les installations participatives de l'artiste Rafael Lozano-Hemmer. Des œuvres comme *Pulse Topology* (2021) ou *Pulse Room* (2006) créent des environnements lumineux monumentaux à partir des battements de cœur des participants[611]. Chaque ampoule qui clignote représente un individu, mais c'est la somme de toutes ces présences qui constitue l'œuvre, un portrait collectif et dynamique de la communauté éphémère des visiteurs. De même, dans *Voices of Fragments*, chaque voix activée est un fragment singulier, mais c'est la polyphonie générée par la communauté des visiteurs présents à un instant T qui donne à entendre la complexité de la mémoire collective. L'œuvre est un système vivant, un écosystème mémoriel alimenté par la présence et le mouvement des corps. La dramaturgie de l'installation ne réside donc pas seulement dans sa « partition invisible », mais dans la performance sociale et collective qu'elle rend possible. En ce sens, cette pièce s'inscrit dans la filiation de mes précédents travaux avec l'œuvre *Reflet*, qui est présentée succinctement au chapitre 4.

14.6 Le terrain : recueillir la trace affective

La constitution du corpus sonore, qui est le cœur battant de *Voices of Fragments*, a reposé sur un travail de terrain méticuleux, mené en deux phases distinctes auprès des archivistes ayant

membres. Ces fragments peuvent se compléter, se recouper ou entrer en contradiction, produisant ainsi une image plurielle du passé. Cette conception rejoint l'esthétique du dispositif décrit ici, où la superposition imprévisible de fragments vocaux matérialise concrètement cette pluralité mémorielle.

https://classiques.uqam.ca/classiques/Halbwachs_maurice/memoire_collective/memoire_collective.pdf

[607] BOURRIAUD, Nicolas. *Esthétique relationnelle*, Paris, Les presses du réel, 1998.

[608] *Ibid.*

[609] *Ibid.*

[610] *Ibid.*

[611] LOZANO-HEMMER, Rafael. *Pulse Topology*, Installation interactive, 2021 ; et *Pulse Room*, Installation interactive, 2006. voir https://www.lozano-hemmer.com/pulse_room.php (consulté le 8 aout 2025)

travaillé sur le procès V13. Ce processus de collecte n'était pas une simple captation d'informations, mais une démarche d'enquête sensible visant à recueillir la trace affective et l'expérience vécue de ce travail de mémoire hors norme[612].

La première phase a consisté en une série d'entretiens préliminaires menés à distance, par visioconférence. L'objectif principal de cette étape était d'établir une relation de confiance avec les participants. Compte tenu de la nature sensible du sujet et de la charge émotionnelle associée au procès, il était primordial de créer un espace de parole sécurisé et respectueux. Ces premiers échanges ont permis de repérer les thèmes récurrents et les points de tension : le vécu émotionnel intense face à des témoignages éprouvants, les stratégies psychologiques et professionnelles mises en place pour se protéger et maintenir une posture de neutralité, ou encore le rapport complexe à cette mémoire dont les archivistes devenaient les gardiens. Cette phase a jeté les bases du corpus en identifiant les axes narratifs qui seraient explorés plus en profondeur par la suite.

Figure 167 : Le micro ambisonique à gauche de la photo, capture l'espace sonore à 360°. Cela a permis d'enregistrer les entretiens collectifs et individuels sans avoir à tendre le micro ou obliger les intervenants à prendre une posture particulière (détail loin d'être anodin participant à la fluidité et au naturel des échanges)[613]. Source : Maxence Mercier (2025)

[612] CINELLI, R. op. cit

[613] Un microphone omnidirectionnel aurait pu être suffisant, mais la prise de son ambisonique permettra de privilégier des directivités par la méthode du beamforming. Cette technique de traitement du signal permet de former un faisceau d'écoute virtuel en combinant de manière pondérée les signaux captés par un réseau de microphones. Dans le cas d'un microphone ambisonique, le faisceau est généré à partir des canaux encodés en harmoniques sphériques (par exemple W, X, Y, Z pour l'ordre 1), sans déplacer physiquement le micro. La combinaison linéaire des canaux permet de simuler différentes directivités et orientations, et, avec des ordres ambisoniques supérieurs, de former des faisceaux plus étroits et précis. Cette technique est utilisée pour isoler ou accentuer les sons provenant d'une direction donnée, ou pour créer plusieurs « micros virtuels » à partir d'une

La seconde phase s'est déroulée en présentiel, au sein même des Archives nationales. Des enregistrements sonores multipistes de haute qualité ont été réalisés, capturant non seulement les voix, mais aussi l'ambiance sonore des lieux (figure 167). Parallèlement, des relevés photographiques et photogrammétriques des carnets de recherche des chercheurs accompagnant les archivistes pendant le procès ont été effectués. Cette approche a permis de documenter des aspects qui, bien qu'absents des enregistrements officiels du procès, façonnent une mémoire singulière de l'événement et participent à sa manière, celle d'une recherche/création, à une inscription historique. *Voices of Fragments* a pu construire une archive sonore qui ne dit pas le procès, mais qui raconte l'expérience de « garder la trace » d'un tel procès.

14.7 Conclusions

14.7.1 Retours critiques des spectateurs

Les retours qualitatifs recueillis auprès des spectateurs lors des premières présentations de *Voices of Fragments* révèlent une réception complexe, marquée par une tension entre une immersion sensorielle profonde et une prise de distance critique. Nos échanges avec le public révèlent majoritairement une sensation d'entrer dans un espace de mémoire en mouvement. La fragmentation délibérée du matériau sonore et l'opacité des projections visuelles sont perçues non comme des manques, mais comme une invitation à un engagement actif. L'absence d'images explicites et de récits linéaires les oblige, selon leurs propres termes, à « combler les manques » par leur propre imaginaire et leur propre réflexion, les positionnant en interprètes plus qu'en spectateurs d'un récit préconstruit.

Plusieurs visiteurs ont décrit leur parcours comme une « navigation » dans un espace sensible où chaque pas engage une décision et une conséquence : celle de déclencher une voix, de faire surgir un fragment de témoignage qui, sans leur présence et leur mouvement, serait resté silencieux. Cette dimension participative, inscrite au cœur du dispositif, est souvent associée à un sentiment d'intimité, malgré la présence simultanée d'autres spectateurs. Ce paradoxe — cohabiter dans un espace partagé tout en vivant une expérience profondément individuelle — constitue l'un des points forts de l'installation. Il rejoint les analyses de la théoricienne du son Salomé Voegelin, pour qui l'écoute est toujours un acte foncièrement subjectif, même lorsqu'elle se déroule au sein d'un environnement collectif[614].

Cette expérience de la responsabilité et de la distance critique distingue nettement *Voices of Fragments* des approches du témoignage immersif que l'on trouve par exemple dans le journalisme en réalité virtuelle. Des pionnières comme Nonny de la Peña utilisent la VR comme

---

seule prise. voir : Rafaely, Boaz. *Fundamentals of Spherical Array Processing*. Springer.1re éd. (2015) DOI 10.1007/978-3-662-45664-4 ; nouvelle éd. (2019) DOI 10.1007/978-3-319-99561-8.

[614] VOEGELIN, Salomé. *Sonic Possible Worlds: Hearing the Continuum of Sound*, New York, Bloomsbury, 2014. lire à son sujet la critique de Thibault De Meyer, « Salomé Voegelin, Sonic Possible Worlds. Hearing the Continuum of Sound », Les comptes rendus, https://doi.org/10.4000/lectures.18937

une « machine à empathie » visant à réduire la distance entre le spectateur et l'événement, pour lui faire « marcher dans les chaussures de quelqu'un d'autre »[615]. Des projets comme *Project Syria* ou *Out of Exile* placent le spectateur au cœur de la scène, cherchant à provoquer une réaction émotionnelle directe et une identification avec la victime[616]. *Voices of Fragments*, au contraire, utilise la fragmentation et la médiation pour créer une forme d'immersion plus réflexive. L'opacité du dispositif empêche une identification totale et maintient le spectateur dans une position d'écoute active et interrogative. La responsabilité ressentie n'est pas celle de « revivre » une expérience traumatique, mais celle, plus complexe, d'assembler les pièces d'une mémoire éclatée et de réfléchir à sa propre position face à la transmission d'un tel héritage.

14.7.2 Données d'interactions : cartographie des comportements

Au-delà des retours qualitatifs, les données quantitatives collectées par le système de suivi des déplacements en temps réel offrent un éclairage sur les comportements des visiteurs et confirment l'efficacité de la dramaturgie spatiale de l'installation. Cette dramaturgie spatiale consiste à établir une échelle d'intensité des propos tenus par les archivistes. Plus le spectateur s'approche du centre de l'œuvre et plus il accède à une intensité émotionnelle des fragments sonores. L'analyse de ces statistiques d'interactions révèle des tendances comportementales significatives qui peuvent être interprétées comme une cartographie de l'expérience affective au sein de l'œuvre. La grande majorité des visiteurs adopte une exploration lente et circulaire. Ils ne se précipitent pas vers le centre de l'installation, mais prennent le temps de parcourir les zones périphériques, s'arrêtant pour écouter les variations des nappes sonores et s'accoutumer aux différentes zones. Ce comportement suggère que la périphérie fonctionne bien comme un espace d'acculturation et de préparation envisagé dès la conception, un sas de décompression où la rumeur sonore diffuse prépare à une écoute plus focalisée.

Les données montrent que les 2/3 des visiteurs finissent par atteindre la zone centrale, où les thématiques exprimées par les archivistes sont les plus intimes et parfois difficiles. Cependant, un peu moins de la moitié d'entre eux y demeurent plus de deux minutes. Ce temps de présence relativement court dans la zone la plus dense sur le plan informatif et émotionnel suggère que la charge affective y est perçue comme particulièrement intense. Confrontés aux témoignages les plus intenses en émotions, les visiteurs finissent par se retirer vers la périphérie sans pour autant quitter l'espace de l'installation. La périphérie agit alors comme un espace de recul et de réflexion, où les voix se fondent à nouveau dans une atmosphère moins concrète. Cette

[615] DE LA PEÑA, Nonny, *Project Syria*, Journalisme immersif, 2015. Ce projet est une expérience immersive en réalité virtuelle permettant au spectateur de se placer au cœur des événements vécus par des enfants syriens lors de la guerre civile. Réalisé en 2014 par Nonny de la Peña, à la demande du World Economic Forum, il met en scène deux séquences marquantes : une explosion sur une place d'Alep, puis une immersion progressive dans un camp de réfugiés, illustrant l'afflux massif d'enfants déplacés. Ces scènes reposent sur des documents authentiques (sons, vidéos, photographies) et s'appuient sur la technologie Unity pour générer un environnement virtuel réaliste.

[616] *Ibid.*

dynamique de flux et de reflux entre le centre et la périphérie valide empiriquement l'hypothèse d'une scénographie affective concentrique, basée sur une échelle d'intensité émotionnelle.

14.7.3 Problèmes rencontrés

Comme tout dispositif interactif complexe, *Voices of Fragments* a été confronté à un certain nombre de défis techniques et scénographiques.

Le principal problème est d'ordre purement sonore mais peu invalidant. Même avec l'utilisation de haut-parleurs directionnels, une partie du son se réfléchit sur les surfaces du sol et « pollue » les zones adjacentes, ce qui a pour effet de réduire l'intelligibilité des voix et de brouiller la distinction dramaturgique entre le centre et la périphérie. Il convient d'ajuster les volumes sonores en cherchant des compromis au cas par cas, le dispositif n'ayant pas vocation à proposer une diffusion sonore homogène. La création utilise des haut-parleurs en grand nombre mais de taille très modeste, l'utilisation exclusive d'échantillons de voix humaines ne nécessitant pas de grandes puissances.

Un autre défi majeur réside dans la gestion de la cohabitation d'un grand nombre de visiteurs. Si la polyphonie générée est un élément central du projet, une trop forte densité de public peut mener à une saturation de l'espace sonore. Cette situation est résolue en limitant la polyphonie du système mais une meilleure prise en compte du « cluster » de spectateurs permettrait de garantir des possibilités d'interactions plus adaptées à la dynamique de mouvements individuels dans le cas de forte concentration du public.

14.7.4 Lecture esthétique : le droit à l'opacité

L'esthétique de *Voices of Fragments* repose sur un principe assumé d'opacité. Ce choix de ne pas tout dire, de ne pas tout montrer, de fragmenter les voix et de perturber les images, n'est pas une simple posture stylistique ou une conséquence de contraintes techniques. Il constitue le cœur de la proposition éthique et politique de l'œuvre. Cette approche trouve un premier écho dans les analyses du critique d'art Douglas Crimp sur l'activité photographique du postmodernisme. Crimp décrit une tendance artistique qui refuse de livrer un récit complet et transparent, préférant laisser des béances et des ambiguïtés pour préserver la capacité du spectateur à produire activement du sens, plutôt que de consommer passivement une image[617]. L'opacité, dans cette perspective, n'est pas synonyme de secret ou d'hermétisme, mais une forme de résistance à la saturation informative et à l'interprétation univoque.

Cette idée est également proche de la pensée de Jacques Rancière et de sa notion de « partage du sensible ». Pour Rancière, ce qui est visible et ce qui est dicible dans une société est toujours le résultat d'un agencement, d'une distribution intentionnelle qui définit ce qui a lieu d'être perçu. L'art a le pouvoir de reconfigurer ce partage, de rendre visible ce qui était invisible ou

[617] CRIMP, Douglas. *The Photographic Activity of Postmodernism* , in *October*, vol. 15, 1980, p. 91–101.

de faire entendre ce qui était inaudible[618]. Dans *Voices of Fragments*, le choix de l'opacité est précisément un tel agencement : il met en scène non pas le contenu de l'archive judiciaire, mais les conditions de son existence, sa charge affective, et les limites de sa représentation. L'opacité devient un outil dramaturgique autant qu'une posture éthique face à un matériau d'une extrême sensibilité.

Cependant, c'est le concept de « droit à l'opacité » du poète et philosophe martiniquais Édouard Glissant, qui offre la clé de lecture la plus profonde et la plus puissante de cette esthétique. Pour Glissant, la pensée occidentale, dans son désir de comprendre le monde, a souvent exercé une forme de violence en exigeant la transparence de l'Autre. Comprendre (*cum-prehendere*), c'est « prendre avec soi », saisir, réduire l'autre à des catégories familières, lui dénier son épaisseur, sa complexité irréductible[619]. Face à cette « tyrannie de la transparence »[620], Glissant revendique pour chaque individu et chaque culture le droit de conserver son « ombre épaisse », son opacité. Ce droit n'est pas un refus de la relation, mais la condition d'une relation authentique, qui accepte de ne pas tout comprendre, de ne pas tout assimiler[621].

Appliqué à *Voices of Fragments*, ce concept éclaire d'une lumière nouvelle la démarche de l'installation. L'opacité n'est plus seulement une solution à une contrainte légale (la loi Badinter) ou une précaution éthique (protéger les témoins). Elle devient un acte politique positif. En refusant de livrer les témoignages des archivistes dans leur intégralité, en les fragmentant et en les noyant dans un paysage sonore complexe, l'œuvre respecte leur « droit à l'opacité ». Elle leur permet de témoigner de leur expérience sans être réduits à une simple source d'information, sans être totalement « compris » et donc appropriés par le regard et l'écoute du spectateur. L'installation instaure une éthique de la réception qui défie la volonté de savoir totalisante du public. Elle confère à l'œuvre une temporalité propre, où chaque expérience reste partielle, non reproductible, et profondément liée à la trajectoire singulière d'un spectateur qui est invité à rencontrer une mémoire, non à la maîtriser.

14.7.5 Prototype de démonstration en ligne

Un prototype de démonstration en ligne[622] permet de naviguer dans le corpus des échantillons sonores utilisés dans l'installation. L'interface permet d'activer l'affichage d'informations techniques et d'ajuster la durée des transitions sonores (figure 168). Ce prototype n'a pas pour objectif de présenter la dimension esthétique de l'œuvre. Il offre la possibilité d'écouter, de manière interactive, les échantillons sonores employés dans l'œuvre, en les déclenchant selon un mode non linéaire.

---

[618] RANCIÈRE, Jacques. *Le spectateur émancipé*, Paris, La Fabrique, 2008.

[619] GLISSANT, Édouard. *Philosophie de la Relation*, Paris, Gallimard, 2009.

[620] *Ibid.*

[621] *Ibid.*

[622] https://maxencemercier.com/VOF/vof-webaudio-8.html

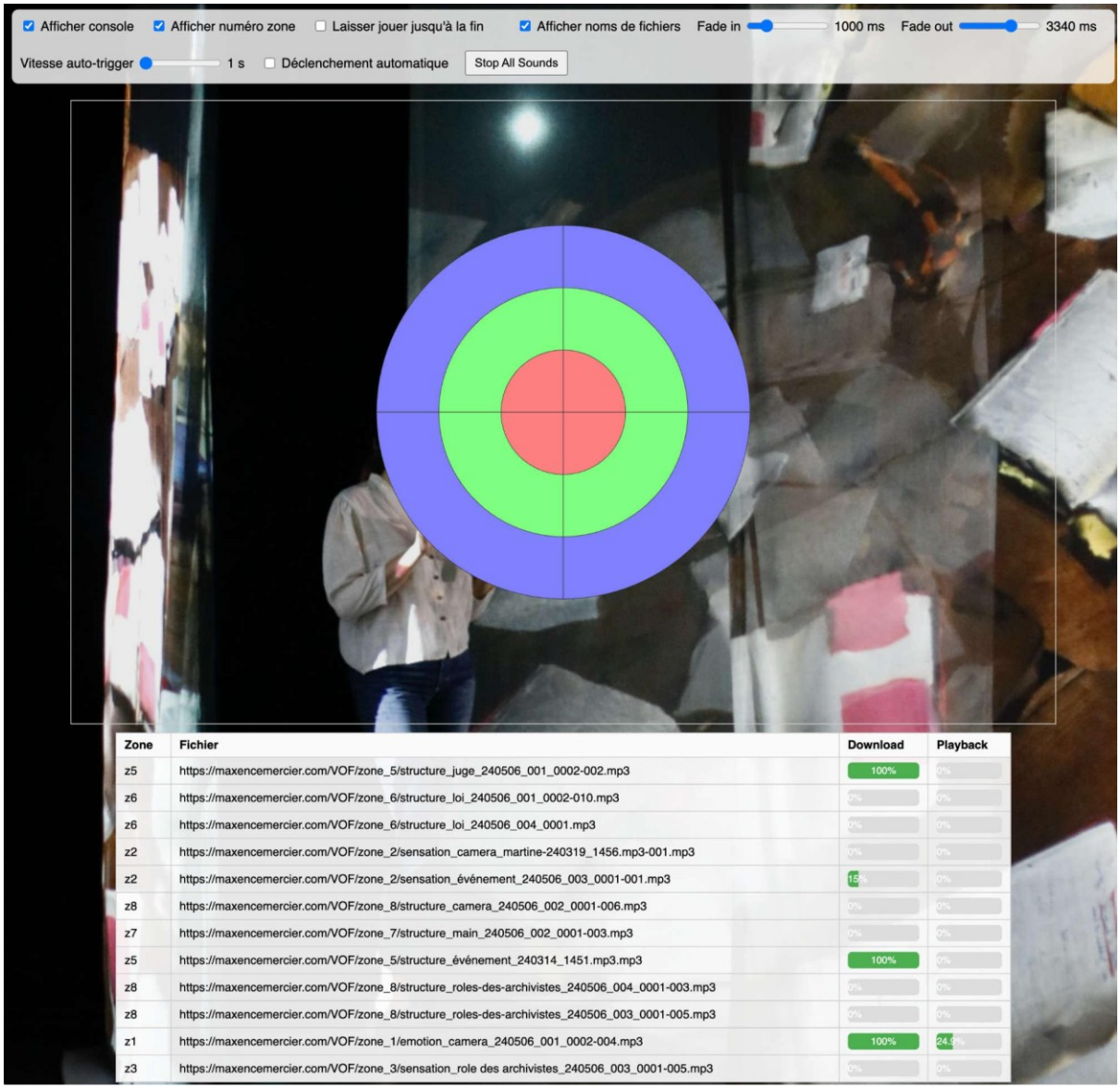


Figure 168 : Prototype de l'interface web disponible en ligne à des fins de documentation. Source : Maxence Mercier (2025) https://maxencemercier.com/VOF/vof-webaudio-8.html

Cette page web repose sur l'API Web Audio[623] de JavaScript pour le chargement, le décodage et la restitution des sons directement dans le navigateur. L'interface, développée en HTML et CSS, propose des fonctions de gestion des paramètres sonores et de contrôle de la lecture. Les sons sont préparés avant diffusion afin de limiter les délais de déclenchement. Le déclenchement et le contrôle du volume sont assurés par des modules internes à l'API, et l'ensemble du traitement est réalisé côté client. Ce dispositif permet l'exploration libre de différentes configurations temporelles des échantillons, tandis qu'un affichage intégré fournit un retour d'information sur l'état du système et le déroulement des actions.

[623] Spécification W3C – https://www.w3.org/TR/webaudio/ Texte normatif décrivant la structure et le fonctionnement de l'API. (Consulté le 9 août 2025).

Chapitre 15 *Beyond Sea Skin*

Figure 169 : Baleines dans le fjord de Kvænangen, source Valentin Gies

Ce chapitre présente l'œuvre *Beyond Sea Skin*, projet qui constitue l'aboutissement pratique et la synthèse conceptuelle de l'ensemble de cette recherche doctorale. Conçue comme une constellation de formes médiatiques, cette œuvre incarne et met à l'épreuve les hypothèses centrales qui structurent ce manuscrit : l'opérationnalisation de l'espace comme paramètre premier de l'écriture musicale ; le déploiement de « l'œuvre distribuée » en tant que modèle pertinent pour la création numérique ; et l'élaboration d'une esthétique écologique fondée sur une méthodologie symbiotique entre art et science.

Beyond Sea Skin n'est donc pas présentée ici comme une simple composition, mais comme un écosystème poïétique et politique, un dispositif multifacettes dont la finalité est de traduire une situation écologique critique — la cohabitation forcée des grands cétacés dans l'Arctique (figure 169) — en une série d'expériences sensibles interconnectées, destinées à reconfigurer l'écoute et la conscience du vivant.

15.1 Présentation : un écosystème poïétique et politique

Le fondement philosophique et éthique de *Beyond Sea Skin* prend sa source dans une urgence écologique observée dans le fjord de Kvænangen, au nord de la Norvège. Sous l'effet du changement climatique, les routes migratoires et les sources de nourriture des grands mammifères marins sont bouleversées, contraignant des centaines d'orques, de baleines à bosse, de rorquals communs et de cachalots, à cohabiter dans un espace d'à peine un kilomètre cube. Cette concentration exceptionnelle transforme un écosystème en un huis clos où la pression pour accéder

aux ressources vitales devient palpable pour les mammifères marins, mais également pour l'homme qui concentre d'importants effectifs de bateaux de pêche dans ces zones. Face à cette situation, le projet artistique propose une réponse formelle et conceptuelle qui engage l'auditeur dans une nouvelle modalité de perception. Il s'agit d'une immersion sous la surface du visible face à la réalité d'un monde inaccessible. Certains scientifiques nous laissent en entrevoir une partie, comme le suggère la photographie d'Audun Rikardsen[624] présentée dans la figure 170.

Figure 170 : Photo d'une baleine à bosse, caractéristique du travail photographique d'Audun Rikardsen, biologiste et photographe norvégien, qui étudie notamment le fjord de Kvænangen et la migration des baleines à bosse.

15.1.1 L'écoute symbiotique : au-delà de la représentation

Le concept d'écoute symbiotique présenté dans le chapitre 13 sur *Umwelt*, trouve dans *Beyond Sea Skin* sa pleine application. Il désigne une posture esthétique et éthique qui dépasse la simple représentation ou suggestion de modèles naturels, pour tenter d'orchestrer une véritable coexistence des mondes sonores. La démarche s'écarte ainsi radicalement de l'approche taxinomique de l'*objet sonore* schaefférien, qui tend à isoler le son de sa source pour en analyser les qualités morphologiques. Elle prolonge également la perspective du *soundscape* de R. Murray Schafer, qui vise à restituer la cohérence d'un paysage sonore. Ici, il ne s'agit ni de décontextualiser le

[624] Audun Rikardsen est biologiste marin, photographe et professeur à l'Université arctique de Norvège (UiT). Ses recherches portent sur l'écologie marine, les migrations de cétacés, et les écosystèmes arctiques. Son travail photographique, primé internationalement, se distingue par une approche à la fois scientifique et artistique, révélant la vie cachée des océans et les interactions entre faune, climat, et milieu marin.

son, ni de simplement représenter un environnement existant, mais de *construire* un nouveau *milieu sonore* hybride qui télescope les espaces sensibles.

Dans cet écosystème, les enregistrements bioacoustiques ne sont plus traités comme des matériaux inertes ou des objets à manipuler, mais comme des sujets agissants, des partenaires de l'écriture musicale. L'orchestre et les dispositifs électroniques ne se contentent pas d'accompagner les vocalisations des cétacés ; ils créent un nouvel environnement qui interagit avec elles, qui les prolonge ou les confronte. Cette mise en tension formelle est une traduction directe de la thématique de la cohabitation forcée observée dans le fjord. L'œuvre propose ainsi une synthèse sonore où les univers acoustiques naturels, instrumentaux et électroniques, sont placés dans un état d'interdépendance, invitant l'auditeur à une écoute plus relationnelle et écologique — qu'analytique ou contemplative.

15.1.2 Alliance des référents culturels et naturels

La composition de *Beyond Sea Skin* repose sur une stratégie de fusion délibérée entre les référents naturels et culturels. La trame sonore de l'œuvre entrelace les vocalisations des cétacés captées dans le fjord avec un matériau musical qui puise ses références dans les cultures croisées sur les routes migratoires historiques, et celles en devenir. Le parcours des baleines, qui suivent le courant du Gulf Stream depuis les Caraïbes jusqu'aux fjords norvégiens, devient ainsi le support d'une narration musicale multiculturelle, évoquant les dynamiques humaines de migration, de commerce et d'échange qui ont façonné le monde.

Ce télescopage mondialisé n'est pas un simple collage stylistique, mais une méthode compositionnelle visant à créer des ponts sémantiques entre des phénomènes d'échelles et de natures différentes. Les motifs musicaux, fluides et sinueux, représentent à la fois les circonvolutions des courants marins, les processus cellulaires et les arcanes de la mémoire. Cette écriture multiscalaire, qui relie le global au microscopique, le biologique au culturel, vise à dissoudre les frontières entre le monde humain et le monde non humain. En mêlant de manière décomplexée les styles, époques et origines, l'œuvre cherche à inscrire la migration des cétacés dans une histoire plus vaste, celle du déplacement et de l'adaptation permanente, qui est aussi celle de l'humanité.

15.1.3 Alliance des grandes espèces : une diplomatie interespèce

Le projet positionne explicitement les cétacés comme des acteurs politiques, derniers représentants des grands mammifères sauvages. Ils ne sont pas seulement des victimes passives du changement climatique, mais des messagers d'altérité, témoignant du danger qui pèse sur leur existence et nous avertissant que leurs difficultés pourraient devenir irrémédiablement celles de l'humanité tout entière. L'œuvre se dote ainsi d'une fonction diplomatique : faire entendre, dans la sphère publique, les voix de ces autres sociétés, de ces cultures non humaines façonnées par des milliers d'années d'évolution, en mobilisant les moyens d'expression sonore et les savoirs scientifiques dont nous disposons.

La structure même du projet en tant qu'œuvre multimodale est la traduction formelle de cette ambition politique et sociologique. Plutôt que de restreindre l'existence de cette œuvre à un format unique, *Beyond Sea Skin* se déploie en une constellation de dispositifs interdépendants :

Une œuvre pour orchestre symphonique, destinée à l'espace ritualisé du concert.

Un film documentaire de création, réalisé par Léonore Mercier, qui mêle bioacoustique, paysages sonores et témoignages de scientifiques et d'habitants peuplant les différents territoires traversés des Caraïbes au fjord norvégiens.

Une installation sonore interactive, pensée à l'origine pour l'espace urbain à l'occasion de l'Océan Summit 2025 à Nice (Unoc). Le dispositif réagit aux déplacements du public, activant des scénarios génératifs qui réinterprètent l'œuvre (figure 171). L'écoute devient individuelle, déambulatoire et participative. L'installation n'a finalement pas vu le jour pour l'Unoc, mais a permis la création d'une première version électroacoustique de l'œuvre : *UnderKvænangen*[625], présentée en concert à Saint-Étienne en janvier 2025 lors du colloque Biacoustique et Musique[626].

Une application mobile en réalité virtuelle, assurant la pérennité de l'œuvre et offrant une expérience d'écoute immersive et non linéaire. Elle offre une expérience d'écoute immersive et nomade, adaptée à de multiples dispositifs (dispositif mobile [smartphone] et casque binaural, casque VR). L'utilisateur peut y naviguer dans l'espace symbolique de l'œuvre, interagir avec sa forme musicale et explorer les données visuelles générées à partir d'une captation volumétrique de l'orchestre et du film documentaire.

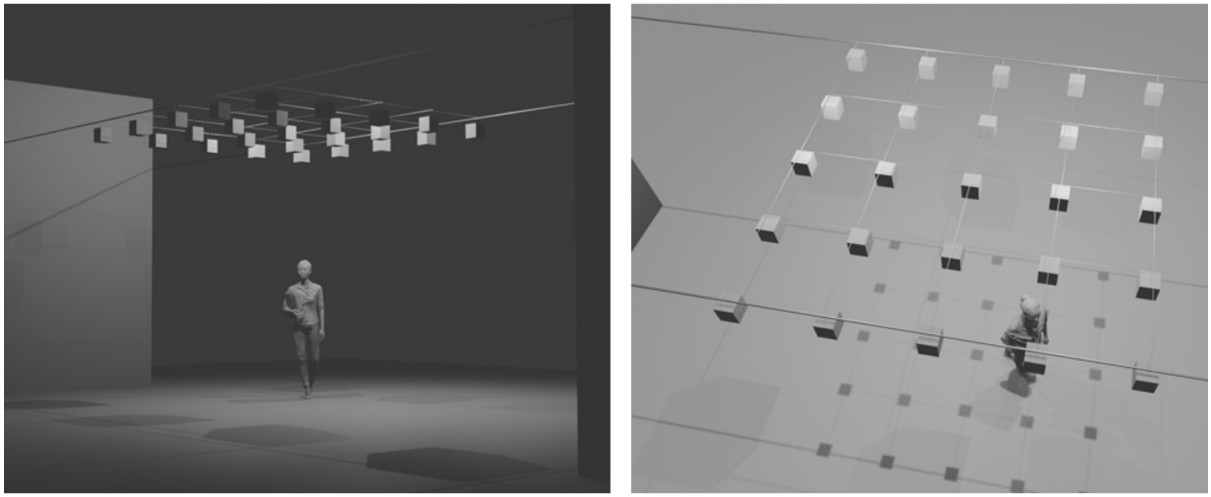


Figure 171 : Installation sonore prévue pour l'espace public. La diffusion, en douche sonore spatialisée, s'adapte à la position et aux mouvements des passants. Un dispositif d'annulation active du bruit crée une bulle d'écoute, atténuant le vacarme urbain. Source : Maxence Mercier (2024)

[625] MERCIER, Maxence. Enregistrements bioacoustiques dans le fjord de Kvænangen - https://youtu.be/lnnZMKL-Ea0?si=4xs7b1e0K7D5WWUl

[626] MERCIER, Maxence. Enregistrements bioacoustiques - antenne hydrophonique ... le fjord de Kvænangen, https://youtu.be/RZpS5pfvC_w?si=gulrFlScBDvmuO_3

Cette stratégie multi-formats n'est pas un simple plan de diffusion ; elle est une réponse formelle à la thématique écologique. Alors qu'une œuvre monolithique représente un système clos, l'œuvre distribuée fonctionne comme un écosystème. Chaque format constitue une *niche* distincte, permettant au corpus compositionnel de s'adapter et de se déployer dans différents habitats culturels : la salle de concert, le cinéma, l'espace public et in fine, la sphère privée, personnelle et intime. Cette structure, où la forme de l'œuvre reflète celle du système qu'elle décrit, est une manifestation de la recherche-création. Elle assure la viabilité écologique et sociologique du projet en diversifiant ses modes d'existence et en maximisant la portée de son message diplomatique.

15.2 Le corpus bioacoustique

La base formelle de *Beyond Sea Skin* repose sur un corpus de captations sonores originales, réalisées depuis 2022 dans le fjord de Kvænangen (figure 172) par l'équipe de bioacoustique de l'Université de Toulon. La poïétique de l'œuvre se caractérise par une utilisation profonde des données scientifiques et des technologies numériques au sein du processus compositionnel. L'écriture musicale n'est pas une superposition sur le paysage sonore du fjord ; elle se tisse dans la substance même de ce que nous en recueillons, en respectant ses équilibres. Elle est un processus de transformation des enregistrements bruts ainsi que des données environnementales associées. Elle tire alors sa matière formelle et dramaturgique de sa propre exploration du corpus bioacoustique.

Figure 172 : Emplacement du fjord de Kvænangen, dans le nord de la Norvège. Source : Maxence Mercier (2024)/Google Maps 2024 et EMOD 2024.

15.2.1 Captation et analyses

L'utilisation de dispositifs d'enregistrement autonomes de pointe, comme les antennes hydrophoniques Tetra[627] (figure 173) et Penta couplées aux enregistreurs multipistes QHB conçus

[627] Chaque antenne Tetra se compose de quatre hydrophones calibrés disposés aux sommets d'un tétraèdre régulier d'environ 70 cm d'arête. Cette géométrie optimise la couverture tridimensionnelle et la précision de localisation des sources sonores, condition essentielle pour la triangulation des vocalisations de cétacés. L'enregistreur QHB assure une acquisition multicanal synchrone jusqu'à six voies, avec une fréquence d'échantillonnage typique de 256 kHz et une résolution de 24 bits. Il intègre un système de synchronisation par horodatage GPS à

au SMIoT (Université de Toulon), a permis de recueillir des données spatialisées d'une grande richesse, documentant les activités acoustiques de la vie marine avec une perturbation minimale.

Figure 173 : Antennes hydrophoniques Tetra de la mission Adapredat. La numérotation permet d'associer chaque canal enregistré à ses coordonnées spatiales[628]. Source : Maxence Mercier (2024)

Face à la masse de données générées par ces campagnes de longue durée, une méthodologie d'analyse rigoureuse a été mise en place. La première étape consiste à produire des visualisations spectrales (spectrogrammes, figure 174) pour chaque fichier audio, à l'aide d'outils de traitement automatisé comme les bibliothèques Librosa (Python) ou l'utilitaire SoX. Ce « catalogue visuel » permet au bioacousticien de parcourir rapidement des heures d'enregistrement pour identifier les séquences pertinentes et les évènements acoustiques remarquables, tout en écartant les sections compromises par la pollution sonore d'origine anthropique (moteurs de bateaux) ou météorologique (vent, vagues). Contrairement à des outils d'analyse plus avancés

la microseconde, garantissant la cohérence temporelle entre toutes les voies. Le boîtier étanche en alliage marin abrite l'électronique de conversion analogique-numérique à faible bruit, une alimentation lithium haute capacité permettant plusieurs semaines d'autonomie, ainsi qu'un stockage interne à grande capacité sur mémoire flash protégée.

[628] La connaissance précise de la position de chaque capsule conditionne la validité des calculs de trajectographie ou d'encodage audio, afin que ceux-ci soient réalisés selon la bonne orientation dans l'espace tridimensionnel. Ce type de difficulté est fréquent avec les microphones ambisoniques, qui nécessitent souvent plusieurs "clap" pour identifier rapidement le positionnement même du microphone, sauf lorsque le dispositif intègre des métadonnées fournies par un gyroscope embarqué. Test de calibration à la station de biologie marine d'Endoume à Marseille accueilli par Yvan Perez.

— tels que la détection de motifs dans les représentations spectrale — qui requièrent d'importantes ressources de calcul, cette approche permet de repérer et de sélectionner des échantillons pertinents pour une analyse approfondie sur un nombre restreint de séquences[629].

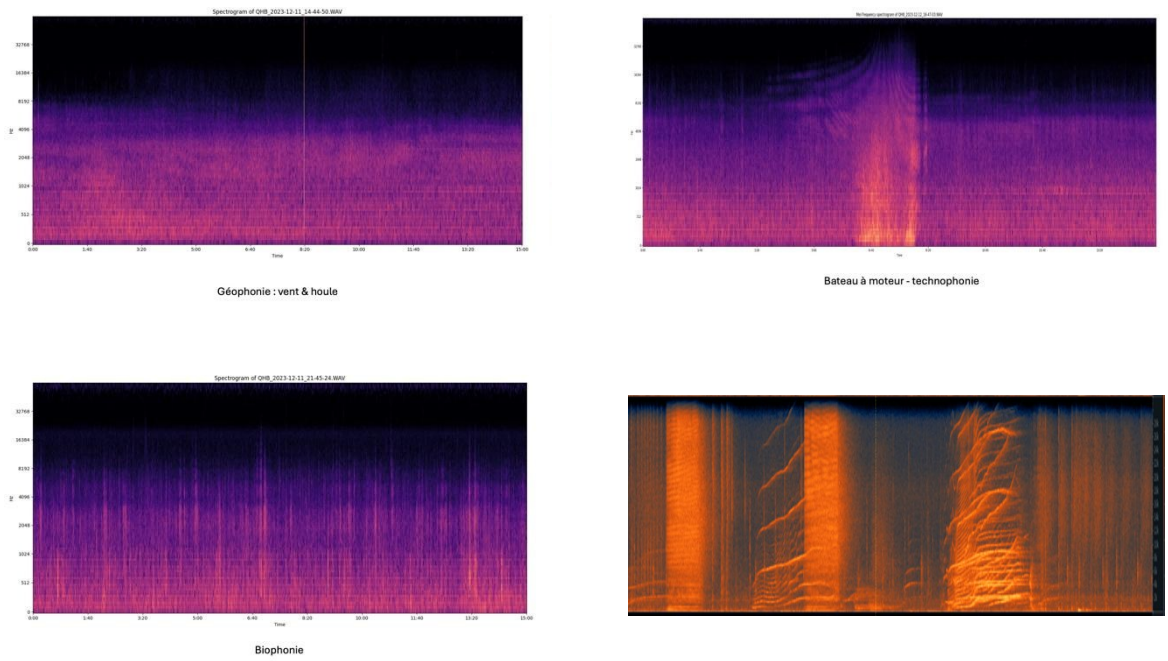
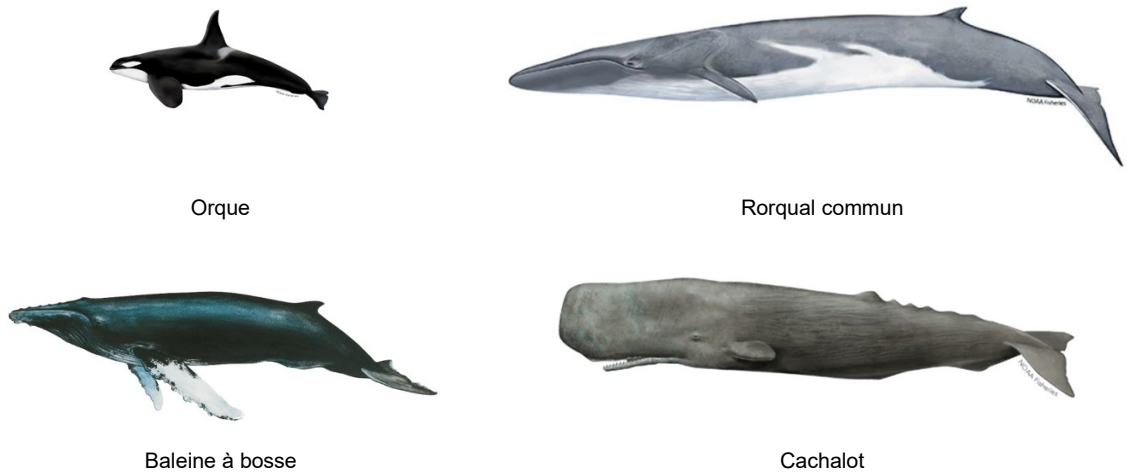


Figure 174 : Spectrogrammes permettant de visualiser la structure globale du contenu sonore. Chaque représentation correspond à une période de 15 minutes. L'image en bas à droite constitue un zoom temporel de 20 secondes, centré sur les signaux produits par les orques. Source : Maxence Mercier (2024)/CIAN LIS CNRS.

15.2.2 Espèces rencontrées dans les fjords norvégiens



[629] L'utilisation de la bibliothèque Librosa ou de l'outil Sox permet de produire rapidement des spectrogrammes simples sur un grand nombre de fichiers. Disponible en annexe, le script script-01-gen-spectro.py illustre la génération d'un catalogue de spectrogrammes à l'aide de Librosa en Python. Le script script-02-gen-spectro.py permet d'obtenir une représentation équivalente via l'outil Sox, compatible avec de nombreuses plateformes.

Figure 175 : Les quatre principales espèces de cétacés rencontrées dans les fjords norvégiens présentés selon leurs proportions réelles : Orque, Rorqual commun, Baleine à bosse, Cachalot. Sources : Noaa[630] et Gremm[631]

La figure 175 compare les quatre espèces principales de cétacés rencontrées dans les fjords norvégiens, présentées selon leurs proportions réelles.

En haut, le rorqual commun (*Balaenoptera physalus*), appelé aussi « fin whale » en anglais, se distingue par sa taille impressionnante, avoisinant en moyenne 20 mètres et pouvant atteindre 27 mètres pour les femelles. C'est le deuxième plus grand animal vivant sur Terre, reconnaissable à son corps élancé et à sa nage rapide. Il se nourrit principalement de bancs de petits poissons et de krill, qu'il filtre à l'aide de ses fanons[632].

Le cachalot (*Physeter macrocephalus*), connu sous le nom de « sperm whale », occupe le second rang par la taille. Les mâles adultes atteignent seize à dix-huit mètres, avec une tête massive qui abrite l'organe de spermaceti. C'est le plus grand des odontocètes (cétacés à dents) et un plongeur hors pair, capable de descendre à plus de 2000 mètres pour capturer des calmars. Dans les eaux norvégiennes, on rencontre surtout des mâles solitaires ou en petits groupes[633].

La baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*), ou « humpback whale », mesure en moyenne onze à quinze mètres. Elle est facilement identifiable par ses longues nageoires pectorales et ses comportements aériens spectaculaires : sauts, frappes de nageoires ou de caudale. Chaque hiver, plusieurs centaines de baleines à bosse migrent vers les fjords norvégiens pour se nourrir de harengs, créant des scènes spectaculaires de chasse collective[634]. La figure 176 montre la migration des différents groupes de baleines à bosse à travers le monde. Les individus croisés dans les fjords de Norvège ne sont qu'une partie de la population de l'Atlantique nord, mais ce sont les individus qui parcourent le plus de distance.

[630] https://www.fisheries.noaa.gov/

[631] https://gremm.org/

[632] https://iwc.int/about-whales/whale-species/fin-whale

[633] WHITEHEAD, Hal. *Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean*. University of Chicago Press, 2003, 456 p.

[634] https://iwc.int/about-whales/whale-species/humpback-whale

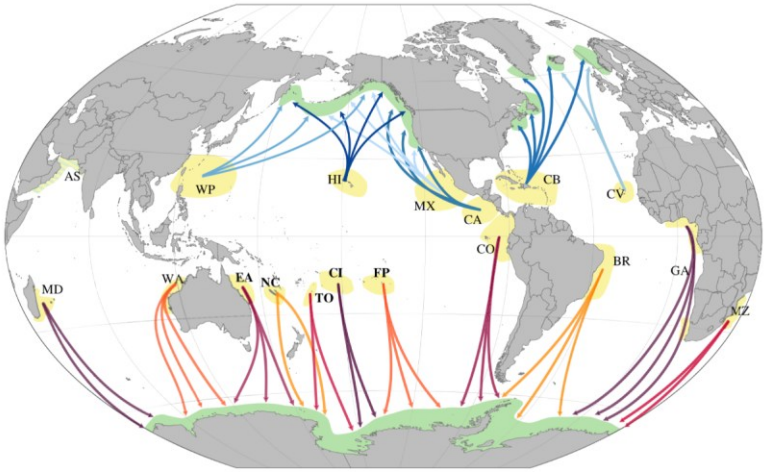


Figure 176 : Migration des baleines à bosse. Source : Zandberg *et al.* (2021)[635].

Enfin, l'orque (*Orcinus orca*), souvent appelée « killer whale », est la plus petite des quatre espèces figurées, avec huit à dix mètres pour les mâles adultes. Bien que de taille plus réduite, elle se distingue par sa grande densité numérique et son organisation sociale complexe. Les orques vivent en pods matrilinéaires, possèdent des dialectes vocaux spécifiques, et développent des techniques de chasse coopérative, notamment pour regrouper les bancs de harengs[636].

Cette comparaison visuelle souligne la diversité des morphologies et des stratégies écologiques de ces cétacés : du rorqual filtreur au cachalot plongeur, de la baleine à bosse migratrice aux orques sociales, chacun occupe une niche propre. Leur cohabitation saisonnière dans les fjords norvégiens met en évidence l'importance écologique et culturelle de ces espaces marins.

15.2.3 Dynamiques bioacoustiques et écologiques dans les fjords arctiques

Les enregistrements bioacoustiques réalisés dans les fjords arctiques mettent en évidence une recomposition rapide des communautés de cétacés. Les orques (*Orcinus orca*), prédateurs spécialisés sur le hareng (*Clupea harengus*), y déploient une stratégie de chasse coopérative dite *carrousel*, observée depuis les années 1990 en Norvège[637]. Cette technique repose sur une mise en rotation coordonnée du banc de poissons, jusqu'à la formation de « boules » compactes qui facilitent la capture. Elle est accompagnée d'un répertoire acoustique riche, mobilisé autant pour synchroniser les déplacements que pour manipuler la proie. Des études plus récentes montrent que la vocalisation des orques ne se réduit pas à un simple signal d'alerte ou de localisation : elle s'inscrit dans une véritable dramaturgie de la chasse, où rythme et intensité des appels

[635] ZANDBERG, Lies, LACHLAN, Robert F, LAMONI, Luca, et GARLAND, Ellen C. « Global cultural evolutionary model of humpback whale song ». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 376*, no 1836, 2021 https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0242

[636] https://iwc.int/about-whales/whale-species/killer-whale

[637] SIMILÄ, T., & UGARTE, F. « Surface and underwater observations of cooperatively feeding killer whales in northern Norway », *Canadian Journal of Zoology*, vol 71, no 8, 1993, p. 1494–1499. https://doi.org/10.1139/z93-210

varient selon la progression de la capture[638]. Lorsque des baleines à bosse (*Megaptera novaeangliae*) pénètrent dans ces mêmes regroupements de harengs, on observe une modification des comportements vocaux des orques, suggérant un ajustement dynamique à la compétition interspécifique.

La dimension sonore de ces interactions mérite une attention particulière. Les orques en Norvège produisent une grande variété d'appels — sifflements, clics de communication, appels pulsés — qui présentent des régularités non aléatoires[639]. Des analyses récentes sur les populations d'Islande ont montré que les orques combinent certains types d'appels en séquences structurées, formant des motifs binaires ou ternaires qui laissent penser à une syntaxe articulée[640]. Cette capacité de combinaison suggère que les orques disposent d'un langage plus flexible que ce que l'on supposait auparavant, modulé en fonction du contexte de chasse ou de socialisation. Dans les fjords, ces structures se superposent à celles d'autres espèces : les chants des baleines à bosse, par exemple, dont la plasticité est connue, viennent saturer l'espace sonore. Le résultat est une polyphonie interspécifique, un entrelacement d'émissions qui peut être lu comme un « contrepoint écologique », où chaque espèce cherche à occuper sa niche acoustique.

Le paysage sonore du fjord ne se réduit pas aux émissions sonores animales. Les activités humaines y laissent une empreinte marquée : la pêche au hareng par senne coulissante attire régulièrement les orques, qui associent les navires à une opportunité alimentaire[641]. Cette proximité génère une forte anthropophonie : moteurs, treuils et équipements se mêlent aux vocalisations animales. Les orques semblent parfois exploiter ces situations, adaptant leur répertoire au voisinage des bateaux, tandis que les pêcheurs perçoivent leur présence comme une perturbation. Cette interaction triangulaire entre proie, prédateur, et activité humaine, contribue à transformer le fjord en un espace sonore saturé. Toutefois, des zones de calme persistent : les « puits de silence », où l'activité sonore est minimale, jouent un rôle essentiel. Ils constituent des refuges acoustiques permettant aux animaux de maintenir des échanges sociaux et culturels à l'abri du bruit. La coexistence entre ces refuges et les zones de forte densité sonore illustre la fragilité des équilibres acoustiques.

---

[638] SIMON, M., MCGREGOR, P. K., & UGARTE, F. « The relationship between the acoustic behaviour and surface activity of killer whales (*Orcinus orca*) that feed on herring ». *Acta Ethologica*, vol 10, no 2, 2007, p. 47–53. https://doi.org/10.1007/s10211-007-0029-7

[639] VAN OPZEELAND, I. C., VAN PARIJS, S. M., KINDERMANN, L., & LINNENSCHMIDT, M. « Acoustic behaviour of Norwegian killer whales (*Orcinus orca*) during carousel and seiner foraging on spring-spawning herring. » *Aquatic Mammals*, vol 31, num 1, 2005, p. 110–119. https://doi.org/10.1578/AM.31.1.2005.110

[640] SELBMANN, A., MILLER, P. J. O., WENSVEEN, P. J., SVAVARSSON, J. *et al.* « Call combination patterns in Icelandic killer whales (*Orcinus orca*) ». *Scientific Reports*, vol. 13, art. 21771, 2023. https://doi.org/10.1038/s41598-023-48349-1.

[641] MUL, E., BLANCHET, M.-A., MCCLINTOCK, B. T., GRECIAN, W. J. *et al.* « Killer whales are attracted to herring fishing vessels ». *Marine Ecology Progress Series*, vol. 652, 2020, p. 1-13. https://doi.org/10.3354/meps13481.

La plasticité comportementale des cétacés apparaît comme une réponse directe à ces tensions. Les orques réduisent la taille des boules de harengs, peut-être pour dissuader les baleines à bosse de s'y introduire, tandis que ces dernières adoptent des stratégies opportunistes d'alimentation collective[642]. Les vocalisations elles-mêmes se transforment : intensité, fréquence et rythme varient selon la densité de proies et la présence d'autres prédateurs. De telles observations soulignent que la communication n'est pas un système fixe, mais un champ d'adaptation permanent. Cette flexibilité est encore renforcée par la co-occurrence d'espèces qui n'avaient pas partagé les mêmes zones depuis l'époque pré-baleinière. L'interaction acoustique devient ainsi un lieu de négociation : un espace où chaque espèce ajuste sa voix pour exister au sein d'un milieu partagé, en constante recomposition.

Ces dynamiques doivent enfin être replacées dans un contexte écologique plus large. Les fjords arctiques sont soumis à des pressions multiples : raréfaction du hareng, réchauffement des eaux, pollutions chimiques. Des études montrent que des herbicides comme le glyphosate peuvent persister plusieurs mois en eau de mer, modifiant les conditions de reproduction des poissons[643]. D'autres travaux soulignent l'interaction entre contaminants chimiques et changements climatiques, pouvant affecter la physiologie des organismes marins arctiques[644]. Dans ce cadre, les vocalisations des cétacés deviennent aussi des témoins de l'état du milieu : leur intensité, leur organisation et leur évolution traduisent une réponse collective aux pressions combinées du climat et des activités humaines. À l'échelle de l'Atlantique Nord, les cicatrices laissées par les orques sur les nageoires caudales des baleines à bosse révèlent la fréquence croissante des rencontres entre ces espèces, offrant un indicateur biologique des tensions qui traversent ces écosystèmes[645].

15.2.4 Les sons des cétacés dans la polyphonie écosystémique du fjord

Sous la surface de l'eau, l'activité des rorquals communs, des cachalots, des orques et des baleines à bosse, compose une polyphonie sonore. Chacune de ces espèces occupe une niche fréquentielle, rythmique et timbrale spécifique, produisant des émissions qui lui sont

---

[642] JOURDAIN, E. & VONGRAVEN, D. « Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) and killer whale (*Orcinus orca*) feeding aggregations for foraging on herring (*Clupea harengus*) in Northern Norway ». *Mammalian Biology*, vol. 86, no 1, 2017, p. 27-32. https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.03.006.

[643] MERCURIO, P., FLORES, F., MUELLER, J. F., CARTER, S. & NEGRI, A. P. « Glyphosate persistence in seawater ». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 85, no 2, 2014, p. 385-390. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.021.

[644] JENSSEN, B. M. « Endocrine-disrupting chemicals and climate change: a possible interaction in Arctic marine mammals and seabirds? ». *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, suppl. 1, 2005, p. 76-80. https://doi.org/10.1289/ehp.8057.

[645] KOILPILLAI, H. A., BASRAN, C. J., BERROW, S., BROMS, F. *et al.* « Geographic distribution of North Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) with fluke scars caused by killer whales (*Orcinus orca*) ». *Aquatic Mammals*, vol. 50, no 4, p. 342-351, 2024. https://doi.org/10.1578/AM.50.4.2024.342.

propres[646]. Les bioacousticiens ont formulé quelques hypothèses en cherchant à identifier des interactions entre émissions sonores, des infrasons aux ultrasons, qui peuvent être envisagées comme une orchestration vivante. Bernie Krauss en a fait son hypothèse la plus célèbre, où l'organisation des hauteurs, des spectres et des métriques participe à l'organisation spectro-temporelle des paysages sonores. L'écoute attentive de ce milieu révèle ainsi une polyphonie écosystémique, au sein de laquelle chaque espèce occupe un espace d'expression qui dépasse les seuls besoins de communication.

Rorqual commun : la basse fondamentale planétaire

Le rorqual commun émet principalement des signaux pulsés entre 17 et 40 Hz, avec une puissance exceptionnelle (~190 dB) qui peut se propager sur des centaines de kilomètres[647]. Répétés lentement parfois durant plus de trente heures, les pulses contiennent des harmoniques discrètes dans la zone 80–140 Hz, créant un halo spectral qui enrichit le timbre, tout en restant dominé par la fondamentale. Sur le plan rythmique, les séquences adoptent des intervalles réguliers, constituant un ostinato lent à l'échelle de plusieurs minutes.

Cachalot : clics métriques

Le cachalot développe un langage entièrement impulsionnel, où la profondeur de plongée et la structure sociale se traduisent en variations rythmiques. Les clics réguliers, utilisés pour l'écholocalisation, atteignent des niveaux sonores supérieurs à 230 dB et couvrent de 100 Hz à 30 kHz[648]. Lors de l'approche finale de la proie, ils s'accélèrent en creaks, véritables roulements percussifs comparables à un crescendo de trémolos. Les codas, séquences stéréotypées de quelques clics, sont des formules rythmiques identitaires qui assurent la cohésion des clans[649]. Les slow clicks, espacés de plusieurs secondes, fonctionnent comme des timbales isolées, délimitant l'espace social et reproductif, tandis que les trompettes, au timbre métallique[650], ajoutent une couleur spectrale inattendue, proche d'un sforzando cuivré. Lorsque les cachalots sont en groupe, l'ensemble évoque une polyrythmie stratifiée, où la densité temporelle varie du battement lent au roulement frénétique.

---

[646] ERBE, C., HOUSER, D., BOWLES, A. & PORTER, M. B. « Mysticete sounds ». Dans : Erbe, C., Houser, D., Bowles, A. & Porter, M. B. (dir.). *Marine Mammal Acoustics in a Noisy Ocean*. Cham : Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-77022-7_3.

[647] WATKINS, W. A., TYACK, P., MOORE, K. E. & BIRD, J. E. « The 20-Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*) ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 82, no 6, 1987, p. 1901-1912. https://doi.org/10.1121/1.395685.

[648] MØHL, B., WAHLBERG, M., MADSEN, P. T., MILLER, L. A. & Surlykke, A. « Sperm whale clicks: directionality and source level revisited ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 107, no 1, 2000, p. 638-648. https://doi.org/10.1121/1.428329.

[649] RENDELL, L. & WHITEHEAD, H. « Vocal clans in sperm whales (Physeter macrocephalus) ». Proceedings of *the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 270, no 1512, 2003, p. 225-231. https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2239.

[650] PACE, D. S., et al. (2021). « Trumpet sounds emitted by male sperm whales in the Mediterranean Sea ». *Scientific Reports,* vol 11, art 5365. DOI: 10.1038/s41598-021-84126-8

Orque : dialectes polyphoniques et texture mixte

L'orque possède un répertoire polyphonique et socialement marqué. Les clics d'écholocalisation, parfois au-delà de 80 kHz, constituent une trame rythmique de haute précision, extrêmement rapide et perçue comme un bruit granuleux avec une épaisseur spectrale très large[651]. Les sifflements (500 Hz–40 kHz) déploient des courbes souples, dont les glissandos peuvent couvrir quatre à cinq octaves dans un même geste sonore. Les appels pulsés (1–6 kHz) forment de véritables phrases harmoniques propres à chaque pod[652], fonctionnant comme des dialectes musicaux[653]. En contexte de chasse, ces vocalisations se combinent à des bruits percussifs (tail-slaps), constituant une texture hybride où pulsations, vocalises et bruits s'entrelacent[654]. Ce répertoire met en évidence une plasticité remarquable, proche des pratiques instrumentales qui associent voix, percussions et bruitiste.

Baleine à bosse : chant polymorphe et dramaturgie spectrale

La baleine à bosse déploie un chant complexe s'étendant de l'infrason à plus de 20 kHz[655]. Organisé en phrases et thèmes, il évolue au fil des saisons par un processus de variation continue. Harmoniquement, ces chants associent une fondamentale grave à une riche série d'harmoniques, produisant des accords mouvants et des glissandi microtonaux. Le paramètre rythmique est tout aussi sophistiqué : alternance de longues tenues, de motifs répétés et de figures rapides. Les appels sociaux (grognements, cris, *whups*) et les feeding calls autour de 500 Hz[656] participent à la chasse collective en provoquant la panique des bancs de harengs. Enfin, les chuchotements mère–petit, émis à très faible intensité, traduisent une capacité de contrôle dynamique proche d'une nuance pianissimo extrême, démontrant une conscience acoustique fine de l'environnement[657].

---

[651] FORD, J. K. B. « Vocal traditions among resident killer whales (Orcinus orca) in coastal waters of British Columbia ». *Canadian Journal of Zoology*, vol. 69, no 6, 1991, p. 1454-1483. https://doi.org/10.1139/z91-206.

[652] En biologie marine, un « pod » désigne un groupe social stable de cétacés qui vit et se déplace ensemble sur le long terme.

[653] FORD, J. K. B. « Vocal traditions among resident killer whales (Orcinus orca) in coastal waters of British Columbia ». *Canadian Journal of Zoology*, vol. 69, no 6, 1991, p. 1454-1483. https://doi.org/10.1139/z91-206.

[654] SIMON, M., UGARTE, F., WAHLBERG, M. & MILLER, L. A. « Icelandic killer whales (Orcinus orca) feeding on herring (Clupea harengus) use a feeding-specific call, Her1 ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 119, no 1, 2006, p. 645-653. https://doi.org/10.1121/1.2146111

[655] PAYNE, R. S. & MCVAY, S. « Songs of humpback whales ». *Science*, vol. 173, no 3997, 1971, p. 585-597. https://doi.org/10.1126/science.173.3997.585.

[656] CERCHIO, S. & DAHLHEIM, M. « Variation in feeding vocalizations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from southeast Alaska ». *Bioacoustics*, vol. 11, no 4, 2001, p. 277-295. https://doi.org/10.1080/09524622.2001.9753468.

[657] VIDESEN, S. K., BEJDER, L., JOHNSON, M. & MADSEN, P. T. « High suckling rates and acoustic crypsis of humpback whale neonates maximize potential for mother–calf energy transfer ». *Functional Ecology*, vol. 31, no 8, 2017, p. 1561-1573. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12871.

15.2.5 Tableau récapitulatif des sons des cétacées et de leurs fonctions

Loin de se contenter d'un usage générique des « chants de baleines », le projet de composition s'appuie sur une connaissance scientifique actualisée des répertoires acoustiques, qui informe directement les choix d'écriture. Le tableau 14 synthétise les principaux matériaux bioacoustiques mobilisés.

Espèce	Type de signal	Fréquence typique	Durée moyenne	Fonction principale
Rorqual commun (*Balaenoptera physalus*)	Pulses[658]	13—40 Hz (fondamental, harmoniques 80–140 Hz)	~1 s	Communication longue distance, reproduction, coordination
	Pulses associés à l'alimentation[659]	~40 Hz	~1 s	Coordination alimentaire
Cachalot (*Physeter macrocephalus*)	Clics réguliers[660]	100 Hz–30 kHz	0.2–1 s (intervalle ~ 0.5–2 s)	Écholocalisation en plongée
	Creaks[661]		train rapides (jusqu'à >100 Hz)	Capture finale de proie
	Codas[662]		séquences de 3–20 clics	Communication sociale, reconnaissance de clan
	Slow clicks[663]		intervalle 5–8 s	Communication reproductrice/territoriale

[658] WATKINS, W. A., TYACK, P., MOORE, K. E. & BIRD, J. E. « The 20-Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*) ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 82, no 6, 1987, p. 1901-1912. https://doi.org/10.1121/1.395685.

[659] *Ibid.*

[660] MØHL, B., WAHLBERG, M., MADSEN, P. T., MILLER, L. A. & SURLYKKE, A. « Sperm whale clicks: directionality and source level revisited ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 107, no 1, 2000, p. 638-648. https://doi.org/10.1121/1.428329.

[661] *Ibid.*

[662] RENDELL, L. & WHITEHEAD, H. « Vocal clans in sperm whales (*Physeter macrocephalus*) ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 270, no 1512, 2003, p. 225-231. https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2239.

[663] *Ibid.*

Espèce	Type de signal	Fréquence typique	Durée moyenne	Fonction principale
	Trompettes[664]	bandes complexes	variable	Interaction sociale, compétition
Orque (*Orcinus orca*)	Clics d'écholocalisation[665]	0.5–40 kHz	< 10 ms train entre 1–80 kHz	Orientation, localisation de proie
	Vocalises[666]	0.5–40 kHz	0.5–2 s	Communication rapprochée
	Appels pulsés (dialectes)[667]	1—6 kHz	0.5–3 s	Communication sociale intra-pod
	Coups de caudale et bruits associés[668]	sons larges 0.1–10 kHz	impulsion courte	Coopération de chasse (hareng)
Baleine à bosse (*Megaptera novaeangliae*)	Chants structurés[669]	20 Hz–>20 kHz	phrases de 5–30 s, cycles jusqu'à 30 min	Reproduction, organisation sociale
	Appels sociaux (grognements, cris, whups)[670]	0.2–1 kHz	0.1–4 s	Interaction sociale
	Feeding calls[671]	~0,5 kHz	1—5 s	Coordination de chasse (bubble-net feeding)

[664] PACE, D. S. *et al.* « Trumpet sounds in Mediterranean sperm whales ». *Scientific Reports*, vol. 11, art. 5365, 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-84126-8.

[665] FORD, J. K. B. « Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia ». *Canadian Journal of Zoology*, vol. 69, no 6, 1991, p. 1454-1483. https://doi.org/10.1139/z91-206.

[666] *Ibid.*

[667] *Ibid.*

[668] SIMON, M., UGARTE, F., WAHLBERG, M. & MILLER, L. A. « Icelandic killer whales (*Orcinus orca*) feeding on herring (*Clupea harengus*) use a feeding-specific call, Her1 ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 119, no 1, 2006, p. 645-653. https://doi.org/10.1121/1.2146111.

[669] PAYNE, R. S. & MCVAY, S. « Songs of humpback whales ». *Science*, vol. 173, no 3997, 1971, p. 585-597. https://doi.org/10.1126/science.173.3997.585.

[670] VIDESEN, S. K., BEJDER, L., JOHNSON, M. & MADSEN, P. T. « High suckling rates and acoustic crypsis of humpback whale neonates maximize potential for mother–calf energy transfer ». *Functional Ecology*, vol. 31, no 8, 2017, p. 1561-1573. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12871.

[671] CERCHIO, S. & DAHLHEIM, M. « Variation in feeding vocalizations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from southeast Alaska ». *Bioacoustics*, vol. 11, no 4, 2001, p. 277-295. https://doi.org/10.1080/09524622.2001.9753468.

Espèce	Type de signal	Fréquence typique	Durée moyenne	Fonction principale
	Chuchotements mère-petit[672]	<1 kHz, faible intensité	variable	Communication discrète, protection contre les prédateurs

Tableau 14 : Principaux types de vocalisations des cétacés du fjord de Kvænangen. Source : Maxence Mercier (2025)

15.2.6 Une orchestration naturelle

Dans le contexte du fjord, une musique se déploie naturellement, avec une orchestration dynamique suivant toutes les activités. Les rorquals communs assurent la basse et la stabilité harmonique ; les cachalots apportent la percussion, du grave profond aux claquements brillants ; les orques tissent des lignes mélodiques et des motifs dialectaux ; les baleines à bosse, enfin, déploient une dramaturgie vocale où se croisent mélopée harmonique et mélodie de timbres. L'ensemble compose une polyphonie écosystémique, où les paramètres — hauteur, spectre, rythme, timbre — sont activement mobilisés par des organismes non humains. Cette convergence interspécifique, loin d'être une simple métaphore, constitue la base d'une première strate de *Beyond Sea Skin*, qui a consisté à sélectionner les meilleures séquences sonores capturées par les antennes hydrophones des bioacousticiens. Le travail de composition a consisté à compresser les espaces temporels, non sur la matière elle-même, mais sur l'enchaînement et le tuilage des séquences. Les campagnes de captation s'effectuant sur plusieurs mois, il est nécessaire de recréer une temporalité propre à une écoute quasi musicale pour rendre compte de la variété des sons produits dans le fjord. Le choix des séquences, leur enchaînement, le respect des plans et le caractère plausible des scènes sonores reconstituées nécessitent d'acquérir une connaissance minimale de la nature des productions sonores utilisées, à savoir celles des animaux. Comme pour toute appropriation culturelle, l'utilisation de ces sons pose la question de définir le périmètre des opérations possibles, en limitant la dénaturation des matériaux et des scènes décrites. En réalité, l'humain étant naturellement incapable de baigner dans une eau à 2 degrés, et n'étant pas pourvu d'une écoute sous-marine, il faut adapter la restitution pour percevoir ces sons et leur organisation sur de longues durées. Il y a forcément un biais d'interprétation — condition nécessaire pour rendre perceptible une partie des informations sonores qui se jouent dans les eaux du fjord.

15.2.6 Exemple de transcription spectrale de vocalises d'orques

Les figures 177 à 180 présentent les différentes étapes du traitement des enregistrements d'orques issus du corpus bioacoustique. La procédure commence par une sélection dans Reaper, où les sons bruts sont écoutés, découpés et isolés afin d'identifier les segments pertinents. Ces extraits sont ensuite soumis à une analyse spectrale à l'aide de Spear et d'AudioSculpt, qui

[672] VIDESEN, 2017, *op. cit.*

offrent des approches complémentaires pour la détection et la reconstitution des partiels. Les données obtenues sont finalement importées dans OpenMusic pour une représentation symbolique destinée à l'écriture et à l'organisation compositionnelle. Ce cheminement, de la sélection initiale à la formalisation graphique, rend compte de la transformation progressive de matériaux enregistrés en données directement utilisables dans un contexte de composition.

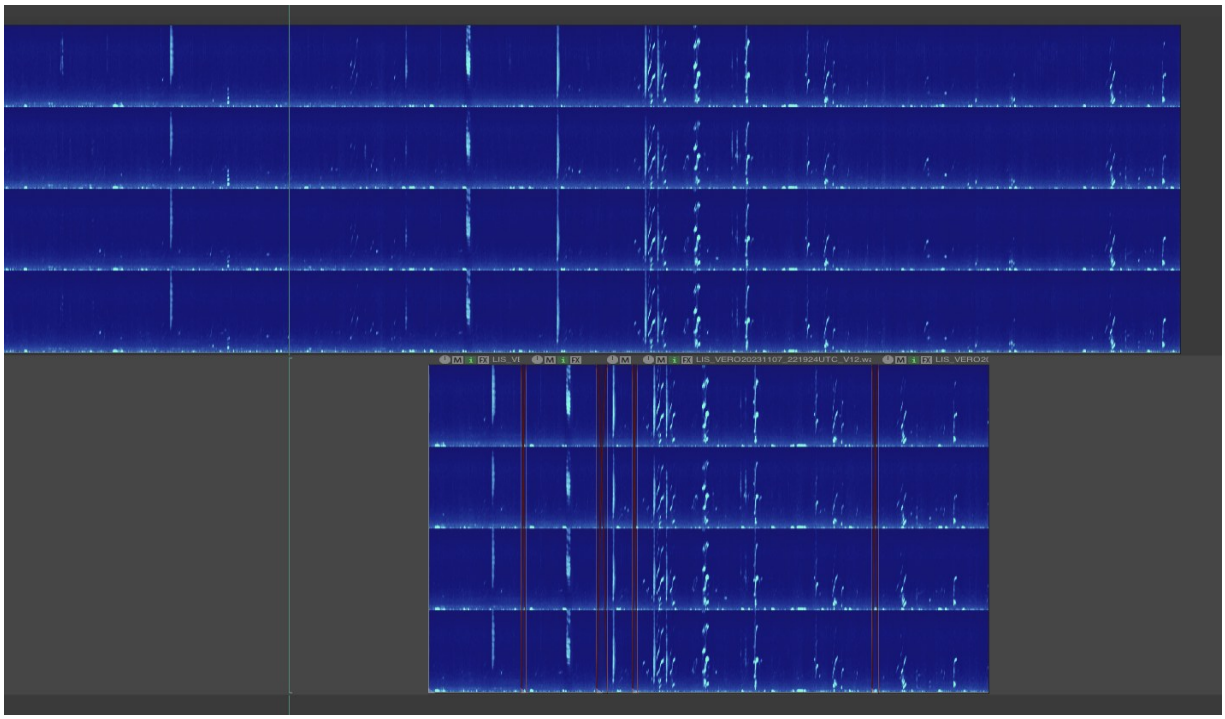


Figure 177 : Sélection réalisée dans Reaper par une focalisation manuelle sur les manifestations sonores identifiées dans l'enregistrement. Source : Maxence Mercier (2025)

Dans la figure ci-dessous, un simple découpage des séquences permet de condenser l'information la plus saillante. Ce traitement entraîne une perte de données, en particulier la durée réelle entre les événements ou la distance interclic. Par cette manipulation temporelle, la séquence sonore quitte le domaine de l'analyse scientifique pour entrer dans un registre esthétique, orienté vers l'écoute humaine et une perception construite du temps. Le matériau conserve certaines de ses caractéristiques spectrales d'origine, mais la modification de la durée ne permet plus de le considérer comme véritablement authentique, la simple sélection est un biais esthétique. Cette opération engage le travail vers le fait musical, parce que la séquence est désormais pensée et perçue comme une organisation de durées.

Dans la figure ci-dessous, on visualise une sélection de deux vocalises émises simultanément par deux orques, analysées dans le logiciel Partiels[673]. La représentation spectrale rend visible la densité fréquentielle des signaux et les croisements entre trajectoires harmoniques et inharmoniques.

[673] Partiels est conçu et développé par Pierre Guillot au département IMR de l'IRCAM. https://forum.ircam.fr/projects/detail/partiels/ (consulté le 29 septembre 2025)

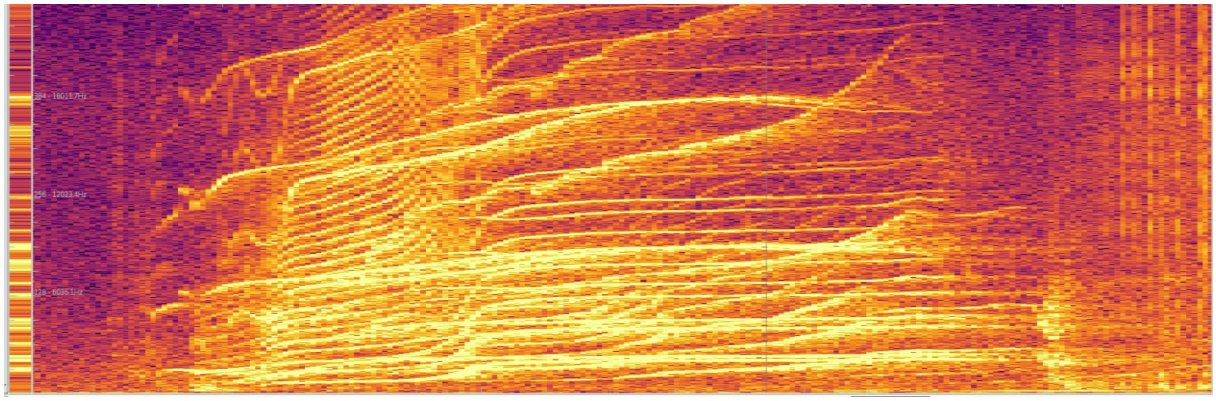


Figure 178 : Visualisation du spectre de multiples vocalises émise au même moment par deux orques, dans le logiciel Partiels, Ircam. Source : Maxence Mercier (2025)

Pour l'extraction et la re-synthèse des partiels, deux outils se complètent. AudioSculpt, logiciel historique de l'IRCAM actif de 1990 à 2013, permettait une segmentation directe sur le spectrogramme, des transformations sonores via le moteur SuperVP, et l'export de fichiers SDIF exploitables dans PatchWork puis OpenMusic. Ces environnements, utilisés dès les années 1990 par les compositeurs spectraux, facilitaient l'orchestration et la synthèse additive. AudioSculpt associait ainsi étroitement visualisation, analyse et préparation des données pour l'écriture musicale. Son développement a cessé en raison de l'obsolescence de son framework[674] abandonné par Apple depuis 2010[675].

[674] Terme anglais couramment utilisé en informatique et en création numérique pour désigner un environnement de développement ou une architecture logicielle fournissant des bibliothèques, outils et structures de base destinés à faciliter la conception d'applications.

[675] *About the obsolescence of AudioSculpt*, forum IRCAM. https://discussion.forum.ircam.fr/t/about-the-obsolescence-of-audiosculpt/30739 (consulté le 10 septembre 2025)

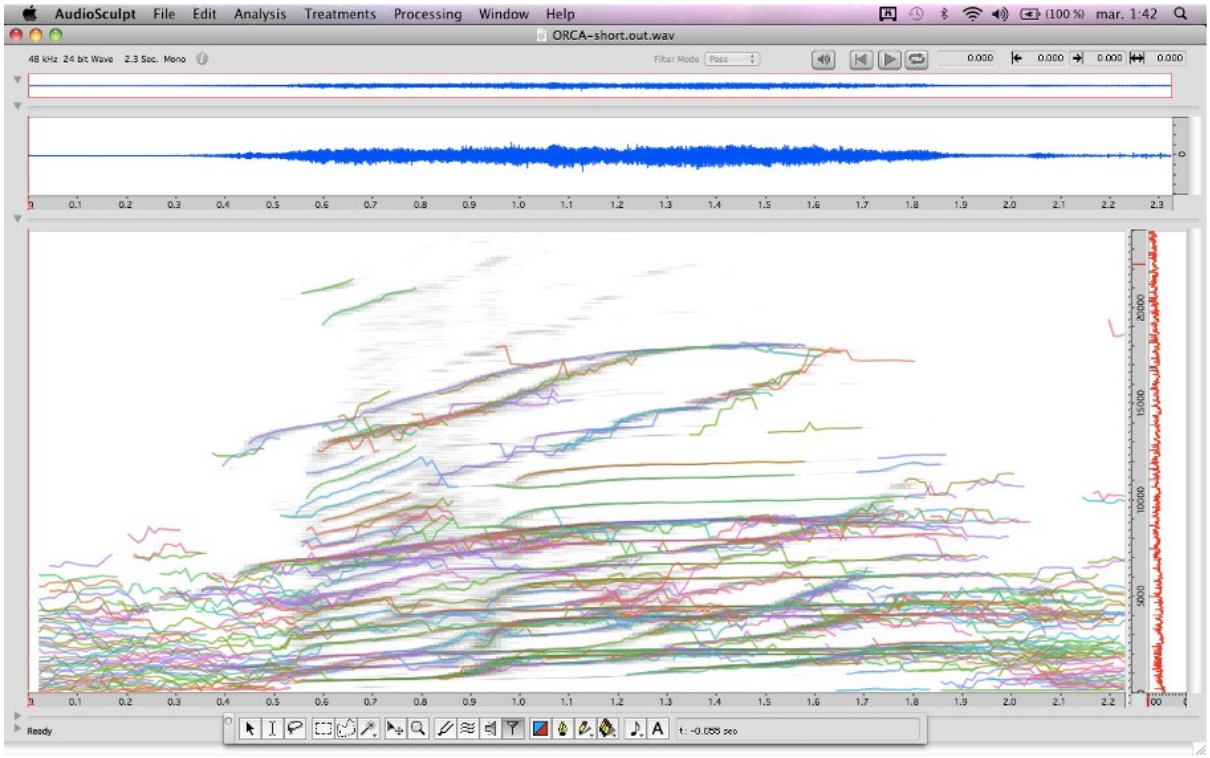


Figure 179 : Édition et suivi des harmoniques du spectre de multiples vocalises dans le logiciel AudioSculpt. Les essais ont toutefois montré que ce type de signal dépasse les capacités d'AudioSculpt, dont les algorithmes d'analyse ne sont pas adaptés aux caractéristiques des vocalises d'orques. Source : Maxence Mercier (2025)

Spear[676] adopte une logique différente, son interface est centrée sur la sélection manuelle et la re-synthèse des partiels, mais il ne propose pas l'export direct des lignes continues qu'il détecte. Son format d'export reste toutefois exploitable : un script Python développé pour ce projet permet de reconstituer ces trajectoires et de les importer comme courbes de partiels. Spear offre donc une grande souplesse dans la manipulation interactive du contenu spectral, au prix d'un chaînage externe pour l'intégration compositionnelle.

[676] KLINGBEIL, Michael. « SPEAR: Sinusoidal Partial Editing Analysis and Resynthesis », 2005, disponible sur https://www.klingbeil.com/spear/ (consulté le 10 septembre 2025)

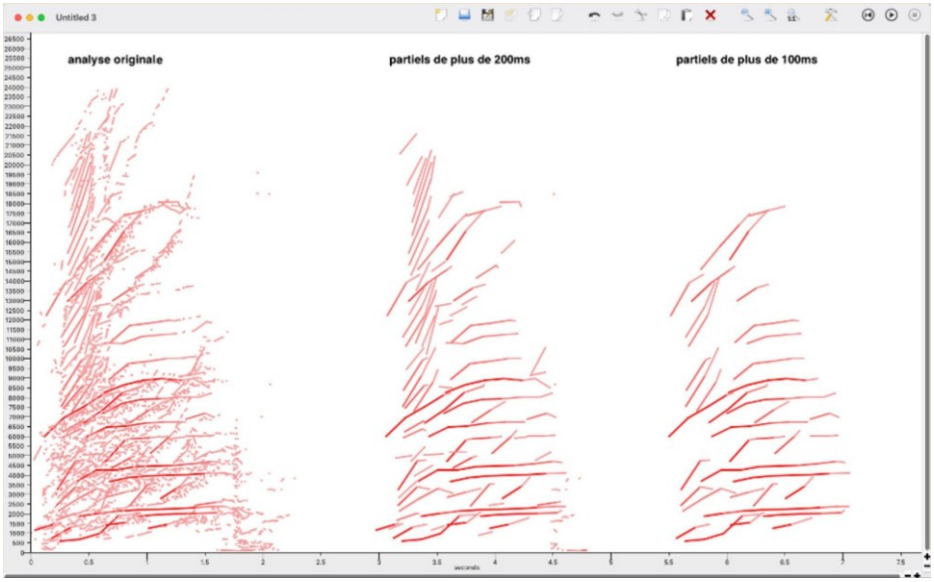


Figure 180 : Le même son que la figure précédente, dans Spear. Source : Maxence Mercier (2025)

Le logiciel Spear s'est révélé le plus adapté pour la sélection et la re-synthèse des partiels issus des sons de bioacoustique, il s'avère fonctionnel pour nos signaux. Nous avons développé un script *Python* qui exploite ce format afin d'importer chaque sélection sous forme de trajectoire de partiel dans Max.

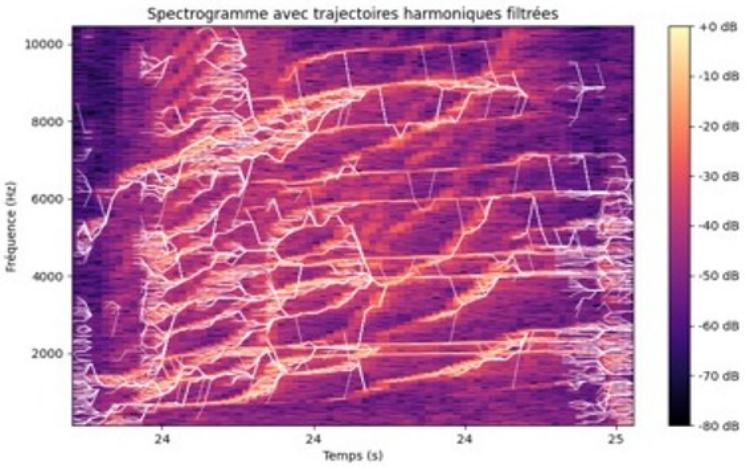


Figure 181 : Test de suivi des partiels avec Python. Source : Maxence Mercier (2025)

Sur la figure 181, cette représentation visuellement intéressante n'a aucune logique sur le plan sonore. Mais les artéfacts sont néanmoins intéressants car ils dérivent de la structure d'origine. Il s'agit là d'une chimère, impossible naturellement mais réalisable par synthèse additive. Le résultat sonore n'est pas dénué d'intérêt. C'est donc un modèle dérivant d'un profil temporel spectral, une sorte de processus de parasitisme génétique, hybridation du spectromorphisme et de la génération de graphes selon la détection de saillance visuelle. Deux modèles en apparence incompatibles mais dont la fusion révèle des structures irréalisables sans leur complémentarité.

C’est une chimère symbiotique, un virus qui parasite le modèle tout en révélant la dynamique de son hôte. Le virus fait référence à la terminologie employée par Fausto Romitelli[677].

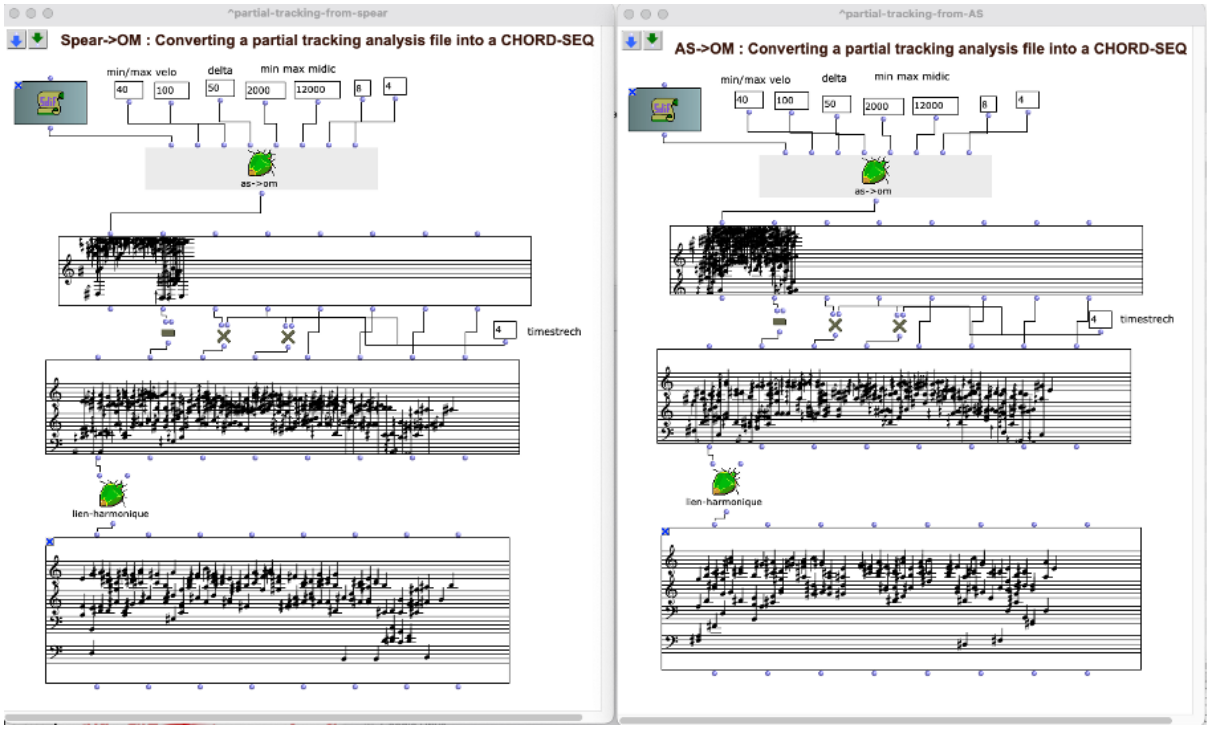


Figure 182 : Conversion d’analyse spectrale depuis Spear et AudioSculpt vers une notation symbolique dans OpenMusic. Source : Maxence Mercier (2025)

La figure 182 combine deux captures d’écran exposant le passage d’une analyse spectrale (depuis Spear ou AudioSculpt) vers une notation symbolique dans OpenMusic. Les graphes très denses qui apparaissent ne sont pas seulement des transcriptions : ils déplacent la vocalise d’orque dans un autre régime d’existence. Ce n’est plus un enregistrement animal, mais un objet d’écriture qui obéit aux contraintes d’un langage formel.

Ce déplacement ouvre une réflexion sur la traduction entre régimes de signes : du sonore au graphique, du continu au discret. Chaque opération de conversion impose ses propres catégories — hauteurs quantifiées, rythmes mesurés, intervalles fixes — et fabrique un nouvel objet. Ce que Deleuze ou Simondon décriraient comme un changement de plan d’individuation : la matière sonore s’individue à nouveau, selon d’autres contraintes, et devient « fait musical ».

Pour l’écriture instrumentale, les figures rappellent aussi que cette écriture n’est pas neutre. Elle révèle des choix d’échelles temporelles, de filtrage et de notation, tout en masquant d’autres dimensions (micro-variations de timbre, ambitus hors norme). La « vérité » de l’orque n’est donc pas conservée mais recomposée. On pourrait y voir un geste comparable à celui de la composition elle-même : une invention à partir de traces, plutôt qu’une simple capture du réel.

[677] ROMITELLI, Fausto. « Le compositeur comme virus », in : *Le corps électrique*. Voyage dans le son de Fausto Romitelli, éd. par Alessandro Arbo, Paris, L'Harmattan, 2005, p. 132.

Ainsi ces images ne documentent pas seulement une technique. Elles exposent une tension entre analyse scientifique, esthétique de l'écriture, et philosophie du son : comment un phénomène vivant devient un matériau symbolique, et comment ce transfert reconfigure ce que l'on entend par musique, nature et technique.

15.3 La distribution spatiale : l'espace comme paramètre actif

Comme dans les autres travaux personnels présentés dans ce manuscrit, l'espace sonore dans *Beyond Sea Skin* est un paramètre actif de l'écriture, une dimension fondamentale qui structure la forme, la perception et la dramaturgie de l'œuvre. Cette mise en œuvre de l'espace repose sur une articulation fine entre l'orchestration des technologies d'immersion spécifiques et une dramaturgie spatiale explicite.

L'orchestration spatiale rompt avec la disposition frontale traditionnelle. Le projet prévoit des configurations immersives où les pupitres de l'orchestre sont répartis en cercle avec le public l'entourant. Dans le public, de petites enceintes sont distribuées sous les assises du public, permettant de coupler la diffusion des sons électroacoustiques avec un système immersif conventionnel (dôme de haut-parleurs ou à minima une octophonie adaptée aux possibilités de la salle). Des schémas de placement alternatifs permettent d'adapter l'œuvre à différentes contraintes scéniques en ouvrant, puis étirant le cercle orchestral pour une disposition plus conventionnelle en stéréo (symétrique des pupitres ou groupes de pupitres). Cette flexibilité nécessite une écriture spatiale pragmatique, conçue pour se « plier » à des contextes variés en minimisant les distorsions des intentions de spatialisation. Ces possibilités reposent sur une table d'écriture numérique permettant d'assurer ces exigences.

L'orchestrale est donc augmentée par des technologies d'immersion qui prolongent l'espace sonore au-delà de la scène :

Le Système *Pré* : Ce dispositif original, imaginé par le compositeur Jean-Luc Hervé et réalisé par le chercheur Camille Giuglaris[678], consiste en un réseau de petites enceintes autonomes et sans fil, discrètement placées parmi le public. Chaque enceinte, équipée d'un micro-ordinateur et d'une batterie, est contrôlée depuis un ordinateur central. Le système *Pré* fonctionne comme une extension de l'orchestre, projetant des sons électroacoustiques ou des fragments instrumentaux directement au cœur de l'espace d'écoute et créant une « Présence Électroacoustique » hyper-localisée et mobile[679].

[678]Jean-Luc Hervé est un compositeur et professeur de composition au Conservatoire à Rayonnement Régional de Boulogne-Billancourt. Camille Giuglaris est ingénieur du son, violoncelliste et chercheur associé à l'Université Côte d'Azur. https://univ-cotedazur.fr/recherche-innovation/structures-de-recherche/academies-dexcellence/academie-dexcellence-homme-idees-et-milieux/projets-de-recherche/projets-2020-2024/presence-electroacoustique-pre%CC%81

[679] Présence électroacoustique – immersion polyphonique connectée (PrÉ) https://www.tripinlab.com/pre/ (consulté le 10 septembre)

Le Logiciel Sound Trajectory : Développé par l'auteur de cette thèse, ce logiciel est l'outil central pour l'« écriture de la spatialisation »[680]. Il fonctionne comme une table de composition 3D, permettant de dessiner et d'automatiser les trajectoires des sources sonores. Son module de « Mapping Score » permet en outre de contrôler la spatialisation et d'autres paramètres en temps réel par le geste ou l'interaction, faisant le lien entre le travail en studio et la performance sur scène[681].

Les figures qui suivent présentent la disposition des pupitres envisagée pour l'orchestre, le workflow en cours d'élaboration d'une table d'écriture numérique destinée à concevoir une partition symbolique modulable et redistribuable, ainsi que la répartition des médiums de diffusion issue d'un même corpus d'écriture. Cette table, encore en développement, est ici documentée pour expliciter les méthodes engagées, appelées à faire l'objet de publications ultérieures — articles scientifiques, dépôts de code, éditions logicielles — dans un cadre qui dépasse celui de ce manuscrit.

L'élaboration de la pièce relève intégralement du travail doctoral : constitution des corpus bioacoustiques multi-échelles, méthodes de sonification et de mise à l'échelle sensorielle, écriture orchestrale et dispositifs de spatialisation. L'ampleur du projet — combinant composition, environnements de calcul et diffusion — requiert cependant un temps de finalisation excédant la date de soutenance de la thèse, notamment gérer la production administrative tout en achevant la partition, valider et publier les modules logiciels et mettre en production les dispositifs. Le manuscrit en fixe les fondements théoriques, les processus analytiques et les prototypes, tandis que leur aboutissement scénique et éditorial se poursuivra dans des développements post-thèse.

Ce cadre mobilise des environnements logiciels hybrides — analyse spectrale (Audiosculpt, Partiels), composition assistée (OpenMusic), spatialisation (Sound Trajectory) — et s'inscrit dans un « espace latent » où convergent les techniques temps réel de Jean-Claude Risset, la pensée spectrale de Fausto Romitelli, et les approches contemporaines de la sonification scientifique. Il articule ainsi une dramaturgie sonore qui transforme les données en matière compositionnelle et place la spatialisation au cœur de l'écriture, tout en soulevant des questions de traduction inter-échelle, de reproductibilité, de pérennité logicielle et de documentation, à la croisée de l'art, de l'informatique musicale, et de l'écologie sonore.

[680] *Sound trajectory* à été présenté au chapitre 10

[681] Le module Mapping Score est conjoint avec le dispositif utilisé pour *Voices of fragments* présenté au chapitre 14, son développement à été initié à l'origine pour *Beyond Sea Skin*

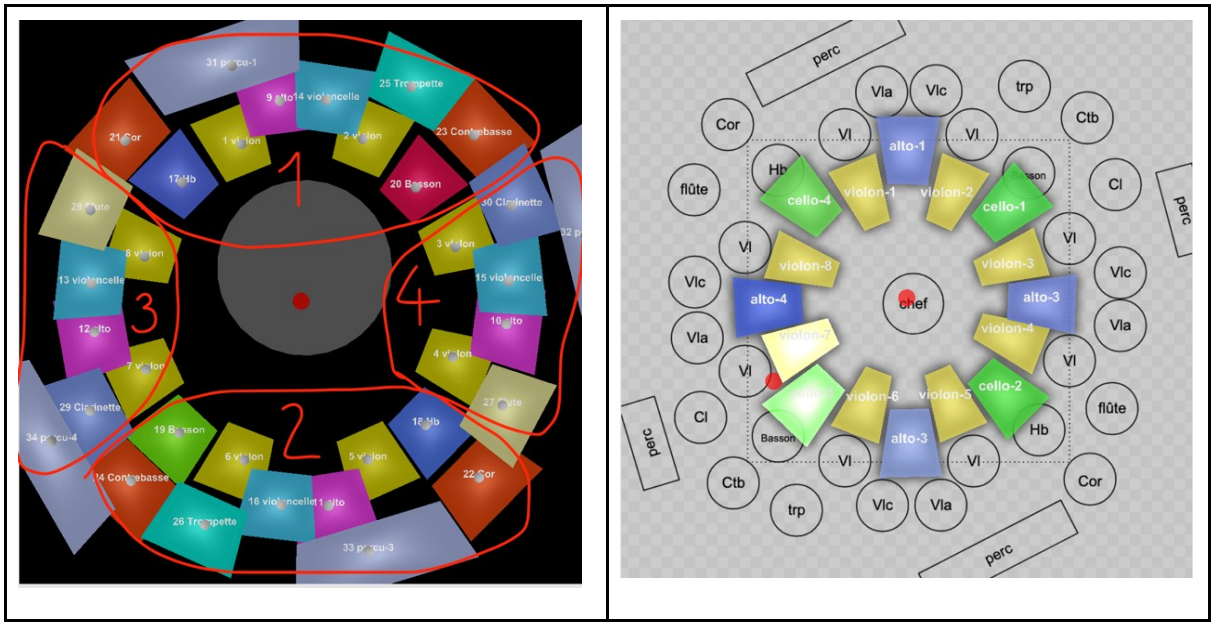


Figure 183 : Interface de sound mapping virtuel pour l'écriture numérique. Source : Maxence Mercier (2025)

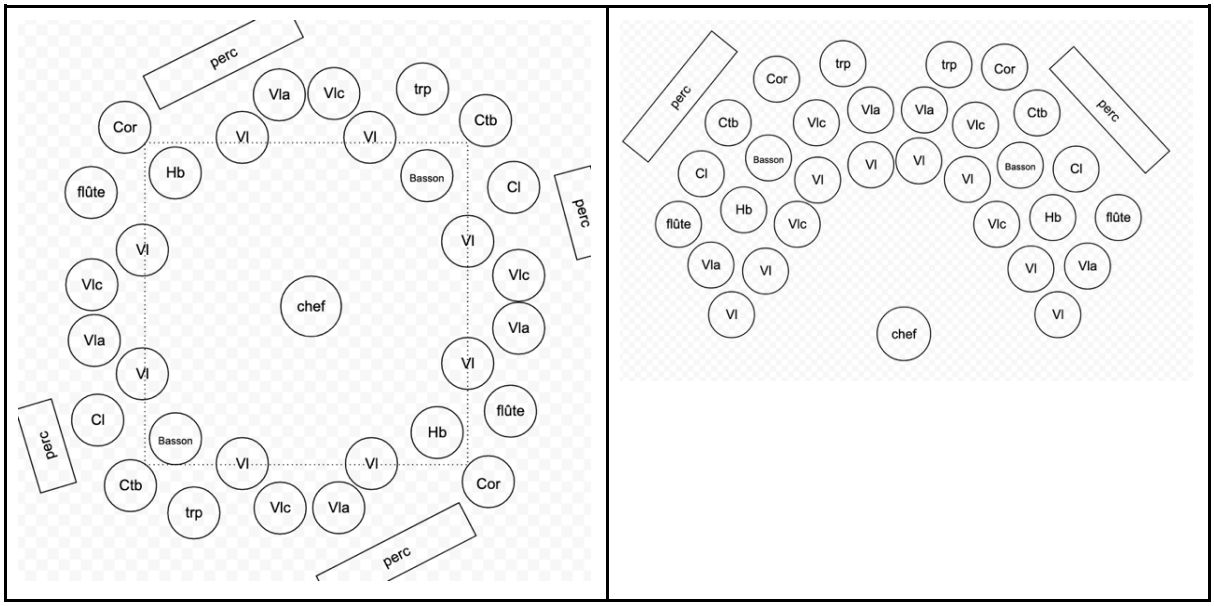


Figure 184 : Distribution immersive des pupitres à gauche — à droite, distribution alternative des pupitres en symétrique axiale (pseudo stéréo). Source : Maxence Mercier (2025)

Les figures 183 et 184 représentent la division des pupitres en 4 groupes dans une disposition d'enregistrement immersif (2x10 et 2x7) En concert, dans le cas où la salle ne permet pas au public d'entourer l'orchestre, il convient d'ouvrir le cercle et de l'étirer pour une projection scénique plus conventionnelle en façade. L'écriture de la pièce permettra une telle adaptation. Dans les deux cas, l'orchestre sera étendu avec le dispositif « Pré » qui consiste en un ensemble d'enceintes sans fil à déployer parmi le public. Les sons électroacoustiques seront diffusés par ce système.

Le repliement symétrique des pupitres permet une adaptation spatiale respectant les répartitions et équilibres de la partition initiale. Pour une répartition non asymétrique, la disposition peut

également être adaptée en totale symétrie axiale nécessitant néanmoins une version spécifique de la partition. Cette répartition procède d'une analogie avec les techniques de downmix utilisées en production pour réduire un mixage immersif au format stéréo.

La figure 185 illustre une configuration proche de la répartition circulaire envisagée pour *Beyond Sea Skin*. Une analyse de la spatialisation de l'œuvre *Sound of Arctic* de Lasse Thoresen, enregistrée en Dolby Atmos, est disponible dans les annexes numériques.

Figure 185 : Exemple de disposition des pupitres d'orchestre pour l'enregistrement de *Sound of Arctic* de Lasse Thoresen, source : Arctic Philharmonic[682].

Les figures 186 et 187 présentent les workflows utilisés pour l'écriture de *Beyond Sea Skin*.

[682] https://arktiskfilharmoni.no/en/sound-of-the-arctic/

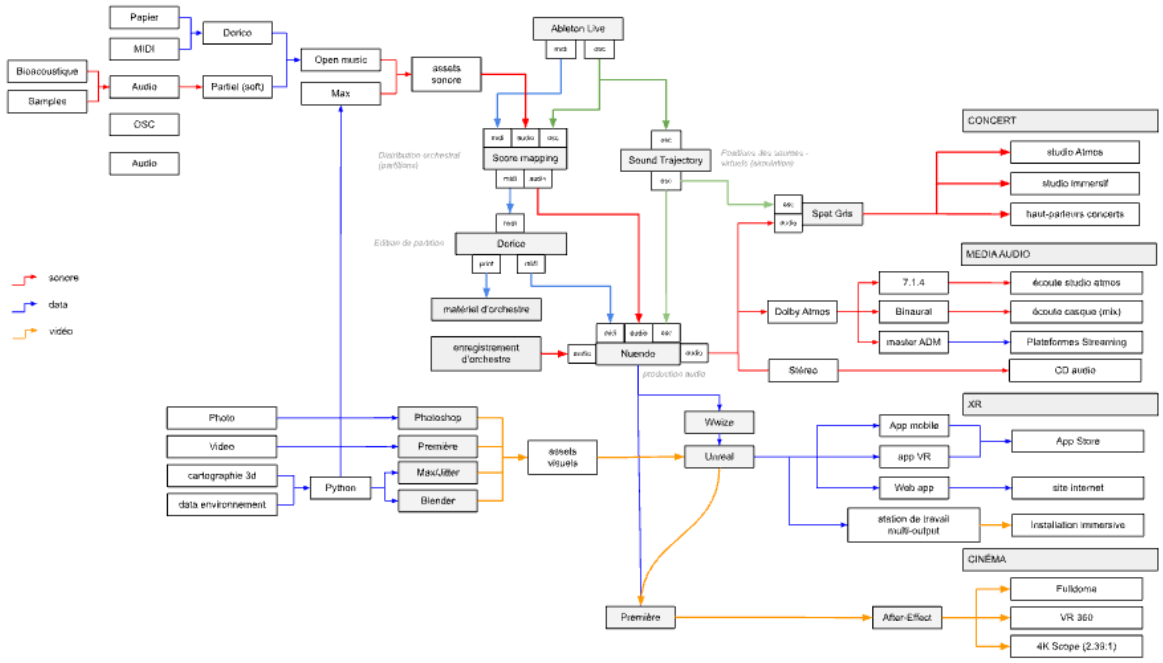


Figure 186 : Synoptique général des flux multimédias du workflow de *Beyond Sea Skin.* Source : Maxence Mercier (2025)

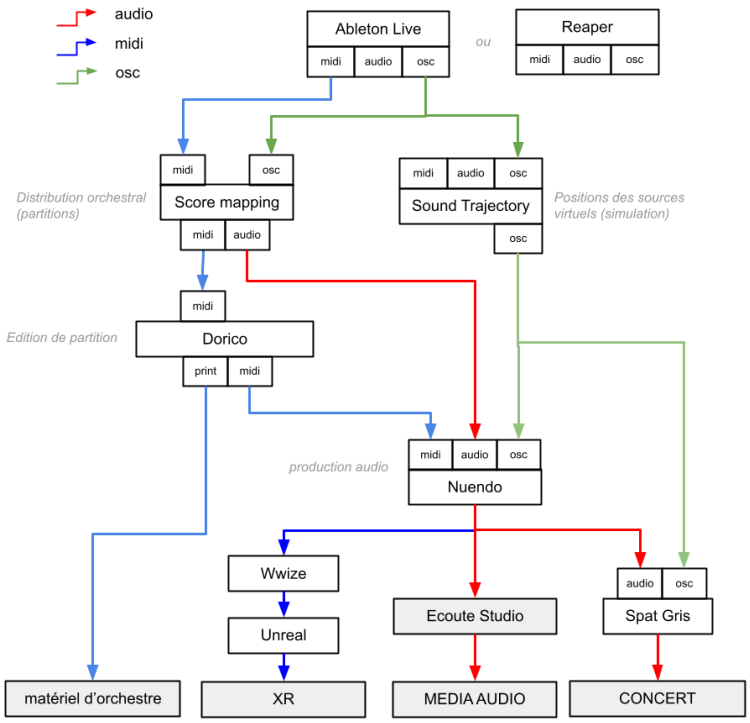


Figure 187 : Workflow des différents médias envisagés pour la diffusion de l'œuvre. Le score mapping et Sound Trajectory sont les médiateurs des matériaux musicaux de Beyond Sea Skin. Source : Maxence Mercier (2025)

15.4 Scénario

Les outils cités sont mis au service d'une dramaturgie qui suit le script narratif de l'œuvre. Chaque section de la composition est associée à une dimension spatiale spécifique, qu'il s'agisse de mouvements, de positions ou de densité dans l'écosystème des multiples espaces sonores abordés dans cette œuvre (physique, symbolique, topologique, sociologique et culturelle)

15.4.1 Migration

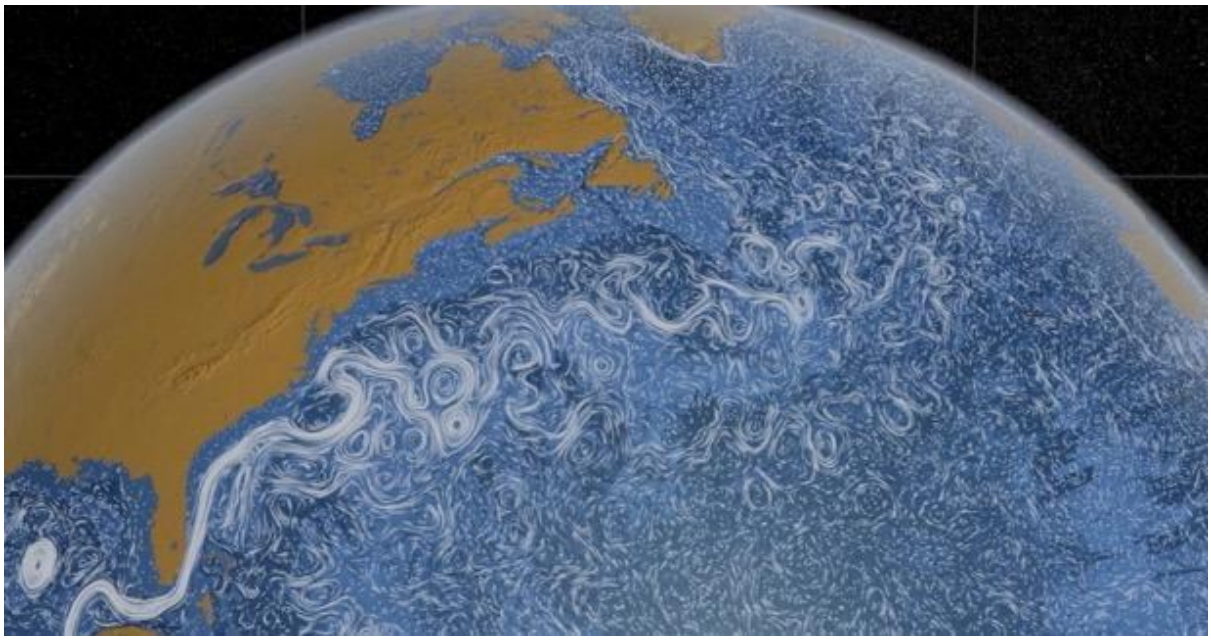


Figure 188 : Le Gulf Stream depuis les Antilles vers l'Europe. Source : Copernicus EU

Les populations en déplacement :

Les baleines migrent des Caraïbes vers les fjords norvégiens, suivant les courants du Gulf Stream (figure 188). Musicalement, cette migration est représentée par des motifs fluides et sinueux, empruntant les références musicales des cultures croisées sur les routes historiques de la migration vers l'Europe et le reste du monde (immigration, émigration, routes commerciales depuis le début de l'humanité). Les thèmes se développent de manière continue, symbolisant les circonvolutions des courants marins et des processus cellulaires, tout en explorant les arcanes du cerveau et la mémoire. Les motifs se retournent et se réexposent sous divers angles orchestraux, créant une mélodie de timbres spatialisés en évolution constante.

Les déplacés sous la pression :

La musique traduit la pression de l'environnement sur les populations migrantes, avec des tensions harmoniques et des dynamiques fluctuantes. Les instruments suivent les mouvements sous-marins tout en se heurtant aux obstacles naturels et anthropiques rencontrés sur le voyage.

Fuite, quêtes et recherche :
Des passages solistes illustrent les quêtes individuelles au sein des groupes, avec des mélodies aventureuses et exploratoires. Les sections orchestrales se rejoignent dans des harmonies convergentes, symbolisant la quête commune d'un nouvel habitat.

La figure 189 représente les migrations observées chez quelques individus qui ont été tagués par une balise GPS.

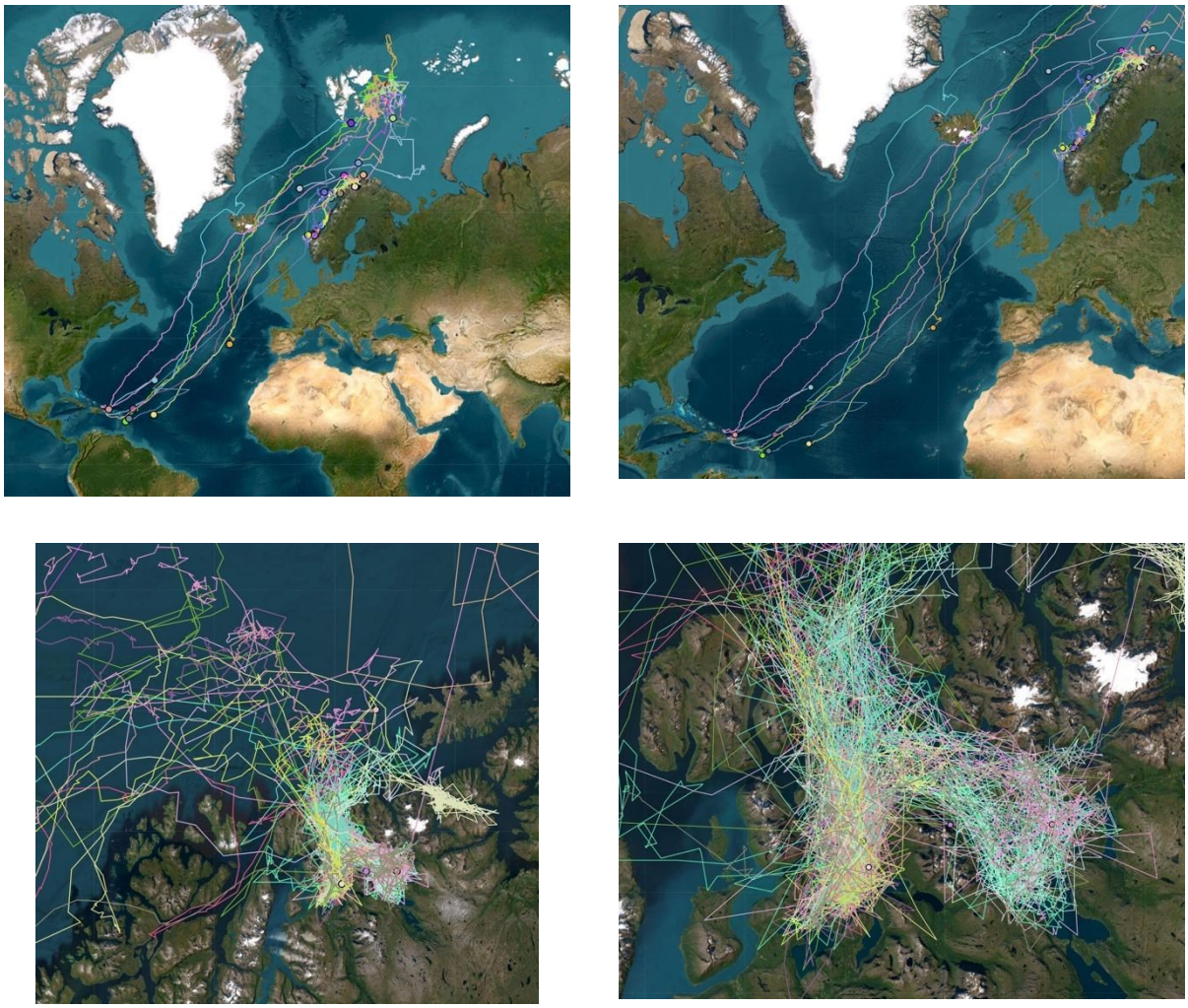


Figure 189 : Trajectoires de migration d'une sélection de baleines à bosse fréquentant le fjord de Kvænangen , données issues de tag GPS https://whaletracking2018.uit.no/ Sources : IMR (Nils Øien, Martin Biuw), UiT (Audun Rikardsen)

15.4.2 Co-habitation

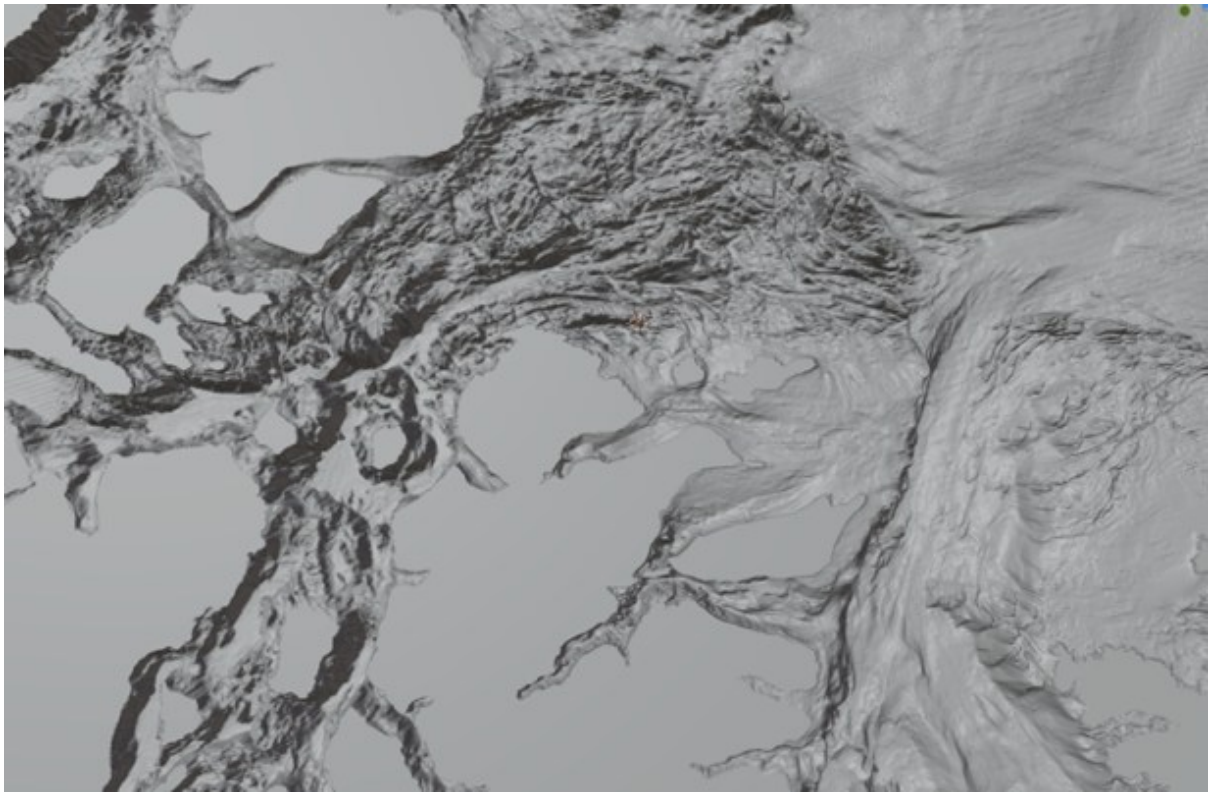


Figure 190 : Visualisation 3D de la bathymétrie du fjord de Kvænangen et de ses environs. Source : Maxence Mercier (2025), données Copernicus EU[683].

Pacifisme :

La musique évoque une phase de calme et d'équilibre entre les espèces arrivées dans le fjord (figure 190). Des motifs doux et harmonieux créent une atmosphère paisible. Les timbres se fondent les uns dans les autres, symbolisant l'harmonie et le respect mutuel.

Équilibre interespèces :

Des duos et des trios entre différentes sections de l'orchestre représentent les interactions équilibrées entre les espèces. Les thèmes se répondent et s'entrelacent, illustrant les relations symbiotiques et la coopération. Les rythmes sont réguliers et mesurés, reflétant un écosystème stable.

Dialogue :

Les instruments dialoguent entre eux, imitant les communications interespèces. Les appels et les réponses sont orchestrés de manière à évoquer les échanges vocaux des cétacés et autres animaux marins. Les textures musicales sont complexes, avec des contrepoints et des harmonies subtiles.

[683] COPERNICUS, « About us - Copernicus Climate Change », https://climate.copernicus.eu/about-us (consulté le septembre 10, 2025)

Adaptation des comportements :
La musique évolue pour montrer comment les espèces s'adaptent à leur environnement et aux autres. Des variations de tempo et de dynamique symbolisent les ajustements comportementaux. Les techniques d'écriture multiculturelles se combinent pour créer des sonorités uniques, illustrant l'adaptation continue des espèces.

15.4.4 Confrontation

Figure 191 : Cohabitation dans le fjord. Sources : Audun Rikardsen.

Partage et contrainte d'accès aux ressources vitales :
Les sections orchestrales rivalisent pour dominer le paysage sonore, symbolisant la lutte pour les ressources (figure 191). Les dissonances et les rythmes syncopés créent une tension palpable. Les crescendos et decrescendos reflètent les fluctuations de la disponibilité des ressources alimentaires.

Changement brutal, rupture et disruption :
Des ruptures soudaines et des changements abrupts dans la musique représentent les perturbations écologiques et les conflits. Les glissandi et les effets percussifs évoquent les bruits de la rupture et de la destruction. Les mélodies sont fragmentées et réassemblées continuellement, symbolisant la résilience et les alliances face aux perturbations.

Surpopulation, assèchement des ressources :
Les textures orchestrales se densifient de manière oppressante, représentant la surpopulation et

la diminution des ressources. Les motifs répétitifs et les clusters harmoniques créent une sensation de pression croissante. La musique culmine dans un climax chaotique, illustrant la crise écologique.

Apaisement et nouvelle migration :
Après le chaos de la confrontation, l'atmosphère s'apaise progressivement, à la faveur d'un glissement continu s'écoulant vers la perspective d'un avenir différent. L'harmonie et les motifs mélodiques s'adoucissent pour plonger dans la profondeur de l'océan. Cet apaisement mène à une nouvelle phase de migration, une adaptation forcée mais bienvenue. Les thèmes migratoires initiaux réapparaissent, transformés et enrichis par les expériences passées, indiquant un renouveau et une quête permanente vers de nouveaux horizons.

15.4.5 Conclusion de scénario

En conclusion, *Beyond Sea Skin* explore les thèmes de la migration, de la cohabitation et de la confrontation au sein d'un écosystème complexe. Chaque section de l'œuvre symphonique utilise des techniques de composition multiculturelles et technologiques pour créer une expérience sonore immersive et dynamique, reflétant les interactions et les adaptations des espèces marines dans leur environnement. La boucle finale d'apaisement et de nouvelle migration souligne la capacité d'adaptation hypothétique des espèces. Elle suggère la possibilité de résilience et de coexistence. C'est le vœu du *symbiocène* espéré par Glenn Albrecht, mais pragmatique quant à la *solastalgie* déjà générée par les pressions sur la biosphère.

15.5 L'inaccessible : sonification des dynamiques environnementales

Beyond Sea Skin envisage la sonification de différents paramètres dérivés de l'analyse de données environnementales issues de l'observation scientifique à grande échelle, pour en faire une matière première de l'écriture musicale et spatiale. Cette démarche déplace la composition vers un dialogue direct avec les dynamiques physiques transformant des flux d'informations abstraites en une expérience sensible.

15.6.1 Le corpus de données multi-échelles

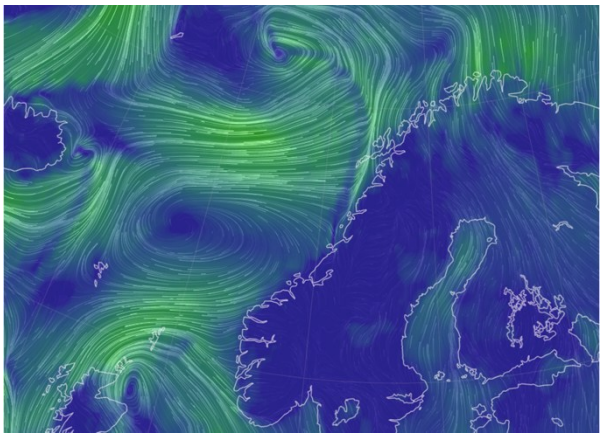
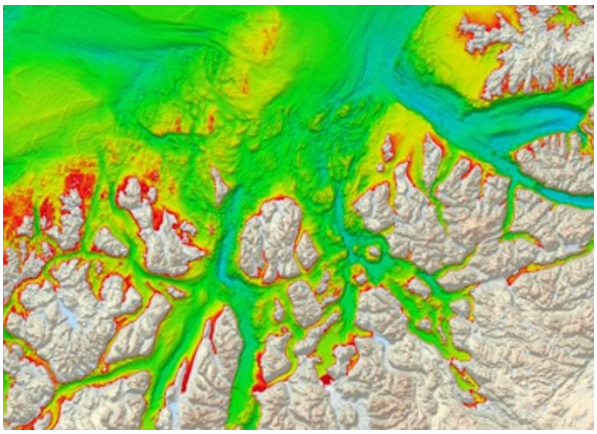
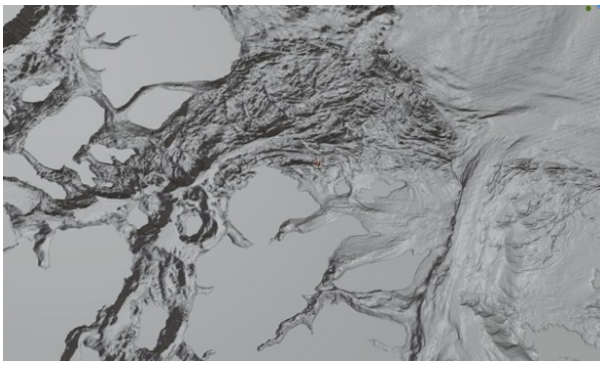
Le projet mobilise un vaste ensemble de jeux de données ouverts, principalement issus du programme Copernicus[684] de l'Union européenne, un système d'observation de la Terre qui fournit des informations continues et à haute résolution sur l'état des océans, de l'atmosphère et du climat. Ce corpus de données multi-échelles permet de replacer les phénomènes bioacoustiques

[684] Le programme Copernicus est le programme d'observation de la Terre de l'Union européenne. Il fournit un accès complet, libre et gratuit à des données et informations sur la planète et son environnement, basées sur l'observation par satellite et l'analyse de données in situ.

locaux dans un contexte océanographique et climatique global. Les données spécifiques utilisées incluent :

- Données océanographiques : Trajectoires des courants marins (notamment le Gulf Stream), bathymétrie du fjord de Kvænangen, température de surface et de profondeur, salinité.
- Données météorologiques : Direction et force des vents, pression atmosphérique, précipitations.
- Données anthropiques : Données AIS (Automatic Identification System) cartographiant le trafic maritime dans le fjord.

L'utilisation de ces données permet de construire une cartographie dynamique et multi-couches de l'écosystème. La salinité, par exemple, influence directement la propagation du son sous l'eau, et permet de modéliser les conditions de transmission des vocalisations des cétacés. Le trafic maritime quant à lui, est un indicateur de la pression anthropique et de la pollution sonore. Les figures suivantes présentées dans le tableau 15 dressent un panorama des différentes ressources mobilisées par le corpus paramétrique et scénographique (pour la vidéo du dispositif XR) de *Beyond Sea Skin*.

	
Données météorologique. Source : https://earth.nullschool.net	Données bathymétriques. Source : Emod Copernicus
	

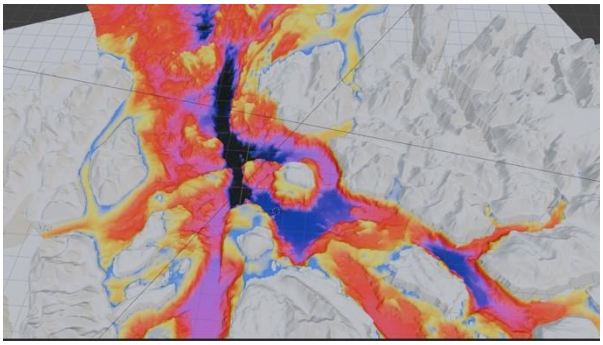
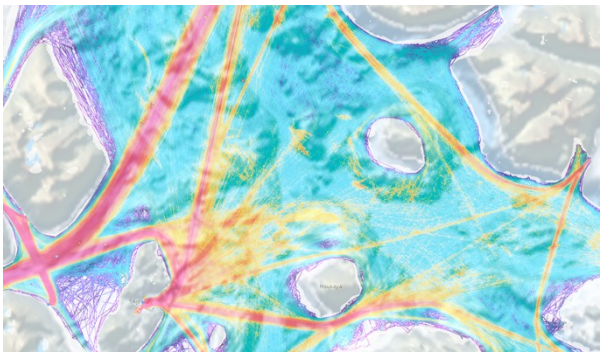
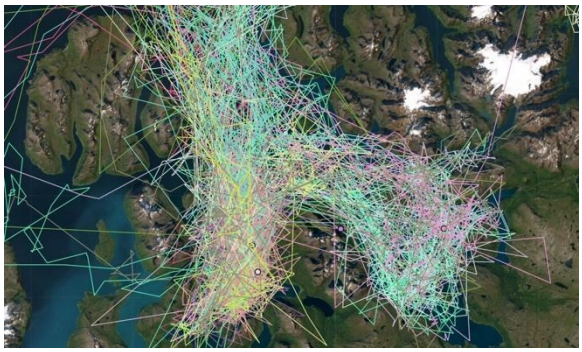
Modélisation des topologiques pour génération de réponses impulsionnelles sonores Source : Maxence Mercier (2025)	Modélisation des topologiques sous blender Source : Maxence Mercier (2025)
	
Modélisation du niveau de la surface de l'eau dans le fjord Source : Maxence Mercier (2025)	Visualisation par gradients de la profondeur du fjord Source : Maxence Mercier (2025)
	
Trafic maritime dans le fjord de Kvænang. Sources : données AIS — MarineTraffic (2024) — Source : Maxence Mercier (2025)	Trajectoire des baleines taguées dans le fjord maritime de Kvænangen. Sources : IMR (Nils Øien, Martin Biuw), UiT (Audun Rikardsen)

Tableau 15 : Panorama des ressources paramétriques et scénographiques mobilisées pour la vidéo du dispositif XR *Beyond Sea Skin*, ainsi que pour la génération des paramètres topologiques de l'environnement sonore virtualisé (filtres, réverbération, délais) et de l'espace paramétrique de la partition semi-générative. Source : Maxence Mercier (2025).

15.6.2 De la sonification à l'interprétation compositionnelle

La démarche de *Beyond Sea Skin* se distingue d'une simple sonification, qui consisterait en une transposition directe et univoque d'une série de données en paramètres sonores. Le projet propose une interprétation compositionnelle de ces données, où l'information scientifique est un opérateur dramaturgique sur la substance, mais aussi la forme musicale. Les variations des paramètres environnementaux ne sont pas simplement traduites, elles sont interprétées pour nourrir les transformations harmoniques, spectrales, rythmiques et spatiales de l'œuvre.

Le processus de composition utilise ces données pour modeler ses processus génératifs en agissant sur leur espace paramétrique. Les données de Copernicus sur le Gulf Stream posent un cadre pour la section « Migration », mais les ramifications et circonvolutions du courant s'impriment jusqu'à tracer une partie du parcours musical, au delà des allégories, en guidant le

contour des thèmes musicaux. De même, les données bathymétriques du fjord ne servent pas uniquement de décor à la section « Confrontation » ; elles en *définissent* les contraintes acoustiques et spatiales, informant la densité et la tension des textures sonores en permettant de générer des réponses impulsionnelles qui vont être utilisées dans les réverbérations à convolution pour l'électronique en temps réel et la partie électroacoustique de l'œuvre. L'environnement, médiatisé par sa représentation numérique, est ainsi un acteur à part entière de la dramaturgie.

Cette conception renverse le schéma classique de la composition comme assemblage de parties vers un tout. Elle part d'un espace déjà donné — qu'il soit géologique, océanique, topologique, cinétique, social, culturel ou technologique — pour le moduler, le fragmenter, l'articuler. L'espace n'est pas un résultat, mais un principe génératif, un champ préexistant où l'écriture s'inscrit et se déploie.

Cette orientation rejoint certaines traditions philosophiques de la poïétique et de l'improvisation, où l'acte créateur consiste moins à construire qu'à révéler ou à travailler un milieu. Il ne s'agit pas seulement de produire des formes : l'enjeu est de faire avec l'extérieur, de s'exposer à un champ de forces — courants marins, reliefs sous-marins, migrations de cétacés, mais aussi contextes sociaux et techniques — qui transforme celui qui crée. Ce qui advient dans et par un tel milieu n'est pas donné d'emblée : l'existant se constitue dans ce rapport, au fil d'expériences où ces forces naturelles et culturelles agissent comme co-opérateurs de transformation et peuvent orienter ce que l'on devient. Cette pensée de l'ouverture trouve des résonances chez Merleau-Ponty, qui décrit la perception comme entrelacs de corps et de monde, chez Arendt, pour qui l'action inaugure un espace commun, et chez Nancy, qui conçoit l'être comme exposition partagée — des perspectives ici extrapolées dans une démarche symbioscénique, où l'humain est envisagé comme composante d'un écosystème élargi et où le tissu social s'étend aux dimensions environnementales pour articuler le lien entre monde vivant et matérialité géologique[685].

Dans ce contexte, la notion deleuzienne d'« espace lisse », où la forme procède d'un mouvement continu, désigne moins un objet qu'un tissu de forces et de strates — telluriques, marines, acoustiques, technologiques — à interpréter plutôt qu'à fabriquer ex nihilo, en tension avec les régimes d'« espace strié » qui leur sont complémentaires[686].

---

[685]1 Les références à Merleau-Ponty, Arendt et Nancy sont mobilisées chacunes à sa manière pour décrire une la primauté du rapport au monde sur toute essence préalable : Merleau-Ponty met en avant l'entrelacs du corps et du monde dans la constitution du sensible (*Le visible et l'invisible*, 1964) ; Arendt décrit l'action comme ouverture d'un espace commun (*La condition de l'homme moderne*, 1958) ; Nancy pense l'être comme exposition partagée des « uns » « avec » des « autres » (*Être singulier pluriel*, 1996). Ces perspectives éclairent « l'existant », entendu ici comme ce qui advient dans et par un milieu — naturel, acoustique, social, technique ou vivant — et se transforme au fil de l'expérience créatrice.

[686] Dans *Mille Plateaux* (1980), Deleuze et Guattari opposent l'« espace lisse » à l'« espace strié ». Le premier désigne un champ continu, sans hiérarchie fixe, où les mouvements s'organisent par flux, trajectoires et variations de vitesse plutôt que par points et coordonnées métriques. Il n'est pas homogène mais hétérogène, traversé

Dans cette perspective, *Beyond Sea Skin* affirme l'hypothèse centrale de la thèse : l'espace, dans toutes ses dimensions — géologique, océanique, topologique, cinétique, sociale, culturelle et technologique — est un générateur essentiel de l'écriture musicale.

15.7 Cartographie des grands espaces

Beyond Sea Skin se révèle être un acte cartographique complexe. L'œuvre ne se limite pas à cartographier l'espace acoustique du fjord de Kvænangen ; elle dresse également la carte des espaces de données abstraites de l'océanographie, de l'espace symbolique des migrations culturelles, et de l'espace politique de la crise écologique. L'utilisation d'outils de simulation, tels que les modèles de propagation acoustique ou les interfaces de *sound mapping* virtuel, renforce cette dimension. Ils permettent de créer un modèle dynamique et explorable d'un écosystème du monde réel, où les interrelations entre les différents agents (cétacés, courants, humains) sont rendues perceptibles.

Beyond Sea Skin condense ainsi l'ensemble des axes de cette recherche. C'est une œuvre qui est simultanément une expérience esthétique immersive, une archive vivante de la biodiversité, une visualisation scientifique de données environnementales, et un acte délibérément politique. Toutes ces dimensions sont articulées et rendues sensibles par la grammaire de l'écriture multidimensionnelle de l'espace. Ce projet incarne la synthèse de cette recherche. Le projet démontre comment l'espace, en tant que paramètre d'écriture, permet d'articuler des matériaux hétérogènes (scientifiques, culturels, naturels) au sein d'une forme musicale cohérente. Il illustre le potentiel de l'œuvre multimodale et distribuée comme un modèle capable de s'adapter à différents contextes de réception. Enfin, en plaçant l'écoute symbiotique au cœur de ma démarche, il affirme le rôle de la composition musicale comme un acte esthétique et politique, une manière de rendre sensible la complexité et l'interdépendance.

15.8 Conclusion et perspectives pour *Beyond sea Skin*

Le projet *Beyond Sea Skin* occupe une place particulière dans le parcours de cette recherche-création. Conçu comme un triptyque intermédiatique intégrant une œuvre pour orchestre et dispositif de spatialisation, une installation immersive et une version en réalité étendue (XR), il constitue à la fois un aboutissement poïétique des réflexions menées tout au long de la thèse, et un projet qui excède structurellement les capacités de production offertes par le cadre universitaire dans lequel cette recherche s'est déployée.

La nature même du projet, tant dans ses ambitions techniques que dans son organisation collaborative, requiert un cadre de production structuré, avec une équipe dédiée. La coordination

---

de tensions locales qui se recomposent en permanence. Appliquée à la composition, cette notion permet de concevoir une écriture où la forme n'est pas donnée d'avance, mais surgit du déploiement même du son, des circulations et des interférences spatiales.

d'un orchestre, l'écriture de la partition et des modules de spatialisation, le développement de dispositifs interactifs et visuels, ainsi que le montage des projets de financement, supposent une charge logistique et temporelle qui dépasse le périmètre d'un travail de doctorat, même bien doté en moyens matériels.

En effet, la conduite d'un projet de cette envergure implique :

- la mobilisation simultanée de compétences artistiques, techniques, scénographiques et numériques.
- une temporalité étendue pour les phases de prototypage, de tests, d'ajustements et de diffusion.
- une logistique lourde, notamment pour la collaboration avec des ensembles instrumentaux ou orchestres, des développeurs ou des techniciens en spatialisation sonore
- la présence d'un producteur ou coordinateur artistique dont le temps de travail est entièrement dédié à l'avancement du projet.

Ce type d'organisation n'est pas prévu dans les formats actuels de la recherche-création universitaire, qui reposent principalement sur l'autonomie du chercheur-créateur. Si les ressources matérielles et humaines existent, les conditions de mise en œuvre collective restent très limitées. L'absence d'un attaché de production ou d'un manager culturel directement impliqué dans le suivi de projet constitue un point de bascule important : sans relais opérationnel dédié, la dimension de réalisation reste contrainte.

Des structures comme Le Fresnoy offrent un contre-modèle intéressant : les artistes en résidence (dont le statut est proche de celui d'étudiant, mais dont les attentes relèvent du champ professionnel) bénéficient d'un budget de production encadré, d'une équipe technique et administrative, et de la présence d'attachés de production associés à chaque projet. Ce fonctionnement permet de développer des œuvres complexes, dans un cadre où la logique artistique n'est pas subordonnée à la disponibilité individuelle, mais soutenue par une infrastructure professionnelle.

Dans ces conditions, *Beyond Sea Skin* a été pensée dans la thèse comme un projet en devenir, dont les principes poïétiques, esthétiques et techniques ont été posés, testés et articulés conceptuellement, mais dont la réalisation intégrale devra faire l'objet d'une mise en production externe au cadre doctoral. Cela ne constitue pas un renoncement, mais un déplacement stratégique : la recherche a permis de construire les fondations d'un projet ambitieux, qui fera l'objet d'un développement postdoctoral, en résidence, ou dans le cadre d'un partenariat institutionnel et artistique structuré.

Enfin, cette situation met en lumière une question plus large sur l'articulation entre recherche et production. Si les universités disposent de ressources importantes — locaux, compétences, filières culturelles — leur implication dans la création d'œuvres en co-production se heurte à des règles administratives qui ne permettent pas le montage de tels projets. Une réflexion sur la mutualisation des moyens, les formats collaboratifs et la place des métiers de la production

dans les projets artistiques de recherche apparaît nécessaire, afin de doter la recherche-création de dispositifs comparables à ceux du Fresnoy, qui n'est qu'un exemple parmi d'autres, à l'échelle internationale.

Chapitre 16 DISCUSSION, CONCLUSION et PERSPECTIVES

> Un auteur qui n'apprend rien aux écrivains n'apprend rien à personne. Est donc déterminant le caractère paradigmatique de la production qui, premièrement, est capable d'initier d'autres producteurs à la production et, deuxièmement, de mettre à leur disposition un appareil amélioré.
>
> Walter Benjamin, « L'auteur comme producteur », *Essai sur Brecht*[687], p 138

La thèse s'est ouverte sur l'hypothèse de l'espace comme paramètre d'écriture au sein des dispositifs de spatialisation sonore, hypothèse que l'issue de la recherche tend à confirmer. Son développement a conduit à concevoir une écriture agissant dans un univers d'espaces multiples — topologiques, technologiques, culturels, sociaux, écologiques, esthétiques — en interaction constante. Le dispositif en est l'organe opérateur : il relie ces espaces, régule leurs interactions, et inscrit leurs transformations dans la trame de l'œuvre. Les démonstrations ont mis en évidence différentes facettes de ce que peut être une telle écriture, prolongeant et élargissant l'hypothèse initiale vers une conception de l'œuvre comme système ouvert, capable d'intégrer et de transformer en continu les relations entre espaces, gestes, et dispositifs.

La thèse propose ainsi un élargissement des paramètres d'écriture où l'espace est un principe structurant. L'écriture s'y déploie en définissant l'organologie — entendue comme le dispositif dans toutes ses dimensions matérielles, conceptuelles et réflexives — qui, en retour, reconfigure l'écriture dans une boucle de rétroaction organique où interagissent gestes et contextes. Cette approche n'est pas nouvelle : elle s'inscrit dans la continuité des recherches en cybernétique des années 1950, mais l'usage du numérique en renouvelle la portée en donnant accès à la plasticité de la programmation des machines. Depuis le début des années 90, ce type d'interaction offre au compositeur la capacité d'agencer l'univers spécifique à son projet compositionnel ainsi qu'à son propos dramaturgique, plastique et écosystémique.

C'est sur un axe temporel de plus de soixante-dix ans que s'opère dans ce manuscrit un examen de la spatialisation sonore, depuis les premiers essais du pupitre de spatialisation conçu au début des années 1950 par Pierre Schaeffer et Pierre Henry au sein du Club d'Essai de la RTF, jusqu'aux environnements numériques actuels où l'espace peut enfin devenir plus qu'un seul paramètre d'écriture.

En réalité, dès le premier enregistrement électroacoustique, l'espace d'origine d'une prise de son pouvait être déplacé, télescopé vers un autre lieu qu'il s'agisse de l'acoustique d'une salle dans laquelle un musicien joue, ou que ce soit le jeu du musicien, sa dialectique sonore ou musicale, son empreinte culturelle et sociale, etc... Rien de nouveau de ce point de vue là depuis 120 ans.

---

[687] « L'auteur comme producteur », Allocution à l'Institut pour l'étude du fascisme, à Paris, le 27 avril 1934, dans WALTER, Benjamin. Essai sur Brecht, Paris : La Fabrique, 2003 https://doi.org/10.3917/lafab.benja.2003.01

Ce qui diffère avec une machine programmable, c'est la possibilité de changer les paramètres de ces espaces. Avec une machine programmable, la spatialisation sonore devient un champ d'écriture pleinement modulable. Les paramètres physiques — position, distance, orientation et trajectoire des sources — peuvent être réglés et transformés en temps réel. Les propriétés acoustiques, telles que réverbération, propagation et équilibre spectral, se laissent ajuster avec la même finesse que les structures temporelles, qu'il s'agisse de séquençage, de synchronisation, ou de continuité formelle. À ces dimensions s'ajoutent les dynamiques spectrales et les règles d'automatisation, ainsi que les interactions entre capteurs, gestes et environnements, ouvrant la possibilité d'intégrer données externes ou références culturelles comme éléments de composition. La spatialisation cesse ainsi d'être un simple procédé de diffusion : elle devient un paramètre opératoire, capable d'articuler en un même geste les dimensions acoustiques, formelles et symboliques de l'œuvre.

Et si l'on sort un peu du cadre de ce doctorat, pour s'aventurer sur les nouveaux territoires périlleux des systèmes génératifs LLM, on observe déjà une myriade de solutions ayant modélisé les espaces spectrotemporels de musique mainstream, bafouant au passage toutes les notions éthiques du droit d'auteur, mais permettant d'agir sur l'espace esthétique des principaux courants musicaux.

L'écriture étudiée ici est abordée sous l'angle de l'intention et du propos. Elle est encore pour quelques temps préservée. Même si l'un des objectifs de ce manuscrit est de tenter quelque peu de la formaliser, la complexité inhérente à l'interaction entre les multiples espaces évoqués plus haut, laisse penser que la notion même de spatialisation n'est pas calculable[688]. La perception spatiale étant fortement dépendante d'une perception subjective, pour la musique il manque encore des études conséquentes sur le sujet pour alimenter les machines de modèles fiables. Ces considérations ne concernent que l'aspect basique de la spatialisation. Or, notre propos est justement d'avoir essayé de délimiter un périmètre d'influence plus large que les seules apparences techniques et technologiques, qui ne sont qu'une part de la perception spatiale subjective du fait sonore. Les créateurs ont encore un espace d'expression à explorer — si ce n'est à redécouvrir. Cette assertion relève d'une prédiction intuitive et pourrait ne pas trouver pleinement sa place ici. Elle s'appuie toutefois sur des initiatives réelles qui mobilisent déjà l'intelligence artificielle pour traiter l'espace sonore, dont les résultats demeurent pour

[688] La spatialisation sonore ne peut être calculée de manière exhaustive. Elle repose d'abord sur une perception hautement variable, propre à chaque auditeur, dépendant de la morphologie, de la mémoire, et de la culture d'écoute. Elle est ensuite conditionnée par un contexte en constante évolution : acoustique des lieux, déplacements des interprètes, circulation du public. À cela s'ajoute l'interaction non linéaire de multiples espaces — topologiques, technologiques, sociaux, écologiques, esthétiques — dont les corrélations échappent à toute équation fermée. Les modèles existants, centrés sur des mesures acoustiques, ne couvrent qu'une partie physique du phénomène. Il manque encore des données perceptives et culturelles fiables pour entraîner des systèmes prédictifs pertinents. L'écriture spatiale conserve ainsi une dimension d'invention où la décision du compositeur excède ce qui est calculable. Elle peut être décrite et partiellement formalisée, mais sa complexité relationnelle en fait un champ qui résiste, pour l'instant, à la modélisation intégrale.

l'heure peu convaincants. Ce passage doit donc être considéré comme un jalon prospectif sur les années à venir, plutôt que comme une conclusion établie.

Ce cadre met néanmoins en lumière une tension historique : la partition, longtemps garante de la transmission, a fixé l'expérience musicale dans une forme stable et hiérarchisée. Elle a permis de documenter des gestes et des relations, mais au prix d'une certaine rigidité qui enferme l'œuvre dans un état figé. Les recherches électroacoustiques des années 1960-1980 ont, de leur côté, déplacé l'écriture vers le studio et la diffusion sur haut-parleurs, mais au prix d'une séparation entre composition et performance. D'autres démarches, qu'elles soient acousmatiques ou issues des premiers environnements numériques, ont enrichi les modes de spatialisation sans toujours parvenir à articuler geste, perception et dispositif de façon pleinement dynamique, ou alors exigent la dextérité d'une interprétation dont la pratique n'est réellement accessible qu'en concert.

La démarche présentée ici n'entend pas rompre avec cette histoire mais en déplace le centre : la partition numérique est devenue potentiellement[689] un organisme ouvert et dynamique. Elle conserve sa fonction de mémoire tout en accueillant les interactions, les transformations et les transferts vers d'autres contextes. En ce sens, l'écriture se déploie comme un système actif, capable de rendre compte d'un univers spatial complexe et de prolonger l'expérience au-delà de la seule fixation de l'œuvre : c'est-à-dire dans une variété de configurations de diffusion.

16.1 L'espace comme paramètre d'écriture : discussion autour d'une double hélice perceptive et opératoire

La proposition d'espaces multiples postule que l'écriture de la spatialisation sonore s'émancipe de ses seuls cadres physiques et théoriques traditionnels (acoustique, perceptif, esthétique). Elle considère l'espace non plus comme une simple dimension perceptive ou un effet acoustique ajouté, mais comme un paramètre d'écriture multimodal et opératoire, inscrit au cœur des outils et processus de création. Cette discussion explorera cette double hélice perceptive et opératoire, en montrant comment les limites des approches historiques ont conduit à l'élaboration d'une lutherie numérique spécifique. Celle-ci vise à réaliser pleinement le potentiel opératoire et perceptif de l'espace, en regard des possibilités offertes par l'informatique musicale.

16.1.2 De la divergence historique à la nécessité technique

Le premier axe de ma recherche, consacré à l'état de l'art, n'a pas été présenté comme une revue de littérature linéaire, mais comme une cartographie critique d'un champ historiquement contesté. Le « Florilège de divergences spatiales » (chapitre 2) a mis en scène une série de confrontations qui révèlent que la notion d'« espace » n'a jamais été un concept stable et unifié.

[689] ASSAYAG, Gérard. « CAO : vers la partition potentielle », *Cahiers de l'Ircam n° 3, Recherche musicale : La composition assistée par ordinateur*, Ircam - Centre Georges Pompidou, 1993 ⟨hal-01161191⟩

Les différences entre les approches américaines et européennes, incarnées par le dialogue manqué entre Henry Brant et les figures de Darmstadt comme Stockhausen ou Boulez, ou encore la rivalité institutionnelle et esthétique en France entre le Gmebaphone de Christian Clozier et l'Acousmonium de François Bayle, démontrent que la spatialisation fut — au delà d'une seule volonté d'expression — un terrain de luttes esthétiques et institutionnelles, marqueur d'une lutte idéologique. Cette divergence conceptuelle est révélatrice d'une difficulté plus profonde, de nature technique et sémiotique, formulée sur l'hypothèse d'une incapacité de la partition traditionnelle à noter littéralement l'espace, c'est-à-dire qui ne peut laisser qu'une trace à interpréter.

Dans cette perspective, le chapitre 3 a présenté la partition comme un « proxy » : une représentation indirecte, contrainte par la bidimensionnalité de la page, qui ne peut qu'indiquer ou suggérer les intentions spatiales d'une composition. Les solutions mises en œuvre par les pionniers du XXe siècle se lisent dès lors comme des détours élaborés, porteurs d'une grande diversité de propositions mais engageant une complexité organisationnelle notable, dans des salles le plus souvent peu adaptées à de telles remises en cause. Elles exigent en effet de repenser la disposition des orchestres, habituellement gouvernée par des conventions précises de placement sur un plateau scénique frontal.

Karlheinz Stockhausen, dans *Gruppen*, déduit la spatialisation d'une contrainte de structuration temporelle qui impose la division de l'orchestre. Iannis Xenakis parvient toutefois à faire de la partition un véritable plan d'architecture sonore, comme dans *Terretektorh et Nomos Gamma*, où l'effet spatial résulte du placement précis dans l'espace de chaque musicien de l'orchestre. Cette approche implique cependant une individualisation de tous les pupitres, chacun disposant de sa propre portée. Dans tous les cas, la partition ne décrit pas le mouvement sonore ; elle fournit un ensemble d'instructions périphériques dont l'exécution produit l'espace désiré. Ces deux cas emblématiques mettent en évidence une limite de la notation, appelant l'invention de nouveaux outils. Les deux compositeurs ont d'ailleurs rapidement exploré, chacun à leur manière et en parallèle à leur projet d'écriture instrumentale, les possibilités électroacoustiques et électroniques de la distribution spatiale du son.

Cette manière de procéder par opposition révèle une méthode de recherche agonistique, qui traverse les polémiques d'origine tout en s'en dégageant par son appareil méthodologique. Elle se situe ainsi en contraste avec une approche consensuelle cherchant à lisser les écarts. Cette confrontation n'est pas un effet de style, mais une nécessité pour mettre en lumière les détails d'un champ dont l'histoire tend, par le simple oubli, non seulement à aplanir les contours, mais aussi à effacer les sources mêmes des différentes réflexions. Mon travail a progressé en confrontant des concepts, des figures ou des technologies : les pionniers en conflit (Chapitre 2), la partition papier contre le fichier numérique (Chapitre 3), l'utopie participative contre l'atomisation de l'expérience (Chapitre 4), la poïétique de la frugalité computationnelle de Risset contre la complexité générative de Romitelli (Chapitres 8 et 9), ou encore l'articulation de la nature et de la culture dans mes propres œuvres, qui explorent de nouvelles perceptions de la

complexité écologique (Chapitre 13). Cette approche dialectique n'est pas un simple procédé rhétorique ; elle constitue pour moi une posture épistémologique où la connaissance émerge de la mise en évidence des contradictions, des tensions et des enjeux qui structurent le champ d'étude. C'est en exposant ces conflits que j'ai pu justifier la nécessité de mes propres contributions.

16.1.3 La lutherie numérique comme résolution

Face aux limites du « proxy » qu'est la partition, il m'est apparu que la résolution ne pouvait être que technologique. J'ai ainsi cherché à montrer que, pour faire de l'espace une dimension véritablement opératoire, le compositeur doit se faire *luthier numérique*. Le développement de mes propres logiciels, Sound Trajectory et inPlace (chapitre 10), est ainsi devenu l'aboutissement logique et nécessaire des problématiques que j'avais identifiées dans la première partie de mon travail.

Sound Trajectory est un instrument permettant une écriture littérale et graphique de l'espace. En offrant la possibilité de dessiner, d'automatiser et de contrôler des trajectoires sonores dans un environnement tridimensionnel, il transforme une intention spatiale en un ensemble de données explicites et reproductibles. Le logiciel inPlace vient compléter cette démarche en instaurant une boucle de rétroaction entre le poïétique et l'analytique. En générant des « méta-partitions spectro-spatiales », il offre un moyen de visualiser et de comprendre la cinétique sonore d'une œuvre, transformant ainsi l'acte de création en une information lisible qui peut, à son tour, devenir matière à une nouvelle composition (mais également de la composition elle-même, lorsque la rétroaction est effectuée en temps réel).

Out of Sight (chapitre 12) constitue la démonstration la plus directe de cette nouvelle lutherie en action. Dans cet ensemble de pièces pour piano et électronique, la spatialisation en temps réel n'est pas un effet additionnel, mais une extension directe du geste pianistique. Le dispositif, qui couple le piano à un environnement Max/MSP et Sound Trajectory, me permet de sculpter l'espace sonore par l'improvisation. La distinction entre la dimension perceptive (ce que l'auditeur entend) et la dimension opératoire (ce que le système calcule) s'efface dans la performance. L'espace devient un paramètre aussi malléable et expressif que le timbre ou la dynamique. Cette intégration trouve un ancrage philosophique dans le détour que j'ai opéré par la géométrie non-commutative (chapitre 6), qui propose de penser l'espace non comme un contenant préexistant, mais comme le résultat d'interactions où l'ordre des opérations est déterminant sur la forme de la performance. L'espace opératoire de ma lutherie numérique est un champ dynamique où la forme émerge de la performativité des processus génératifs. Ceux-ci ne relèvent pas d'une improvisation libre mais d'une improvisation structurée, guidée par les contraintes inscrites en amont. Une part est écrite dans la conception même des algorithmes, une autre se déploie dans l'instant de leur mise en acte. On pourrait parler de processus pré-orientés, partiellement contraints, où l'indétermination s'articule à l'intention. C'est dans la rencontre entre écriture et performance que la création prend corps et se réalise.

16.2 L'archive active : de l'archéologie logicielle à la mémoire sensible

Le deuxième apport de mon travail réside dans la conceptualisation et la mise en pratique d'« archives actives ». Cette notion traverse ma recherche, reliant mes investigations techniques sur l'archéologie numérique de logiciels obsolètes à une réflexion éthique et esthétique sur la transmission du patrimoine sonore et musical. J'envisage dès lors l'archive comme un environnement dynamique, un matériau à interroger, à réactiver, et à adapter pour de nouveau l'utiliser tout en justifiant et légitimant cette appropriation après avoir documenté l'archive.

16.2.1 L'archéologie logicielle comme performance musicologique

Les études de cas que j'ai consacrées à Fausto Romitelli (chapitre 8) et Jean-Claude Risset (chapitre 9) sont des exemples paradigmatiques de cette *archéologie logicielle*. Ces chapitres ne se contentent pas d'analyser des œuvres ; ils reconstituent des ateliers de composition, en exhumant des environnements logiciels disparus. Mon analyse du code Lisp de Romitelli révèle le fonctionnement de son système HH et de ses fonctions sous-jacentes, un moteur de fusion spectrale qui agit comme un « filtre résonant » pour extraire des structures harmoniques au sein d'un chaos inharmonique généré par la machine. De même, l'exploration des patchs Max de Risset pour le Disklavier, et la découverte de l'œuvre inédite *Stochattop*, ont mis en lumière un processus de création résultant d'une certaine *poétique de la sobriété*, où la contrainte technologique était un moteur de créativité.

Ces démarches devraient contribuer à la méthodologie musicologique à l'ère numérique. Pour comprendre le processus créatif, il ne suffit plus de lire des partitions ou des esquisses ; il faut littéralement exécuter le code, déboguer les patchs, émuler les anciens systèmes d'exploitation. L'analyse devient une performance technique et interprétative. L'archive logicielle n'est pas un objet d'étude passif, mais un espace opératoire qui doit être activé pour livrer ses secrets. Ainsi, le concept d'« espace opératoire » — central dans mes recherches — trouve ici l'une de ses applications les plus concrètes, en considérant l'archive elle-même comme un environnement opératoire. Cette proposition méthodologique contribue à une herméneutique numérique déjà existante, où la compréhension passe par la réactivation.

16.2.2 L'archive comme site de pouvoir et de mémoire

La notion d'archive active a ensuite été mobilisée pour l'analyse de l'anthologie du fonds GMEB/IMEB (chapitre 11), envisagée comme une archive institutionnelle. Cette étude met en évidence la manière dont une institution élabore sa propre postérité, et organise sa mémoire en articulant festivals, concours, publications et discours théoriques. L'archive apparaît ainsi comme un dispositif résultant d'une construction narrative et de l'affirmation symbolique, plutôt que comme un simple répertoire neutre de documents.

Voices of Fragments (chapitre 14) représente l'aboutissement éthique et esthétique de cette réflexion. Face à un « patrimoine difficile » — les enregistrements du procès *V13*, légalement inaccessibles — l'œuvre opère un déplacement stratégique. Puisque l'archive matérielle est scellée, la création s'est tournée vers l'*archive affective* et incarnée des archivistes qui ont eux-mêmes traité ces documents. Leurs témoignages sur l'expérience du travail de mémoire sont devenus la matière première de l'installation. L'œuvre propose alors une forme de performance collective de l'archive : la « partition invisible », activée par les déplacements des visiteurs, transforme l'espace d'exposition en un lieu de mémoire polyphonique. Chaque trajectoire individuelle contribue à un récit collectif toujours changeant, matérialisant la nature sociale et fragmentaire de la mémoire collective. La posture éthique de l'œuvre, illustrée par le « droit à l'opacité » théorisé par Édouard Glissant, respecte la sensibilité du matériau en refusant une transparence totale. En fragmentant les voix et en rendant les images illisibles, l'installation protège la mémoire qu'elle convoque tout en engageant le visiteur dans un travail actif d'interprétation. La pratique spatiale se révèle ici non seulement comme un outil formel, mais également comme le support d'une éthique de l'écoute et de la transmission.

16.3 La synthèse symbiotique : vers une écologie de la création et de l'écoute

Le troisième axe de discussion met en lumière ce qui constitue un tournant philosophique et esthétique majeur du manuscrit : le passage d'une problématique de la technique et de la mémoire à une écologie de la création. Les concepts de « synthèse sonore symbiotique » et d'« écoute symbiotique » ne sont pas de simples thèmes, mais un cadre éthique donnant un sens et une finalité à l'ensemble de mes recherches techniques et méthodologiques.

16.3.1 Définition de la Synthèse Sonore Symbiotique

Umwelt (chapitre 13) est la manifestation la plus aboutie de ce paradigme écologique. Son titre même est un hommage au concept de Jakob von Uexküll des « mondes propres » (*Umwelten*), affirmant la pluralité irréductible des expériences perceptives du vivant. La démarche de la pièce est explicitement ancrée dans l'« écosophie » de Félix Guattari, qui articule les écologies environnementale, sociale et mentale. Cette œuvre ne se limite pas à illustrer des biomes ; elle cherche à orchestrer une coexistence, à faire œuvre avec la nature elle-même.

La « synthèse sonore symbiotique » est envisagée ici comme une pratique compositionnelle qui organise des régimes sonores hétérogènes — enregistrements bioacoustiques, écriture instrumentale, traitements électroniques — non par simple juxtaposition ou opposition, mais dans la perspective de constituer un écosystème sonore hybride. Cette démarche s'appuie sur l'hypothèse de la « niche acoustique » formulée par Bernie Krause, selon laquelle les espèces d'un milieu équilibré se répartissent le spectre fréquentiel de manière à coexister. La spatialisation

en constitue le principe opératoire : elle permet, au moyen d'un dispositif de diffusion immersif, une distribution précise des sources et la lisibilité de chaque « voix » au sein de la polyphonie d'ensemble, incarnant métaphoriquement la possibilité d'une cohabitation respectueuse.

16.3.2 De l'écologie locale à l'écologie planétaire

Le projet prospectif *Beyond Sea Skin* (chapitre 15) prolonge le modèle de la « synthèse sonore symbiotique » à une échelle planétaire. Il prend pour point de départ une situation écologique précise : la cohabitation contrainte de cétacés dans un fjord norvégien, conséquence du changement climatique. À partir de ce contexte, la composition tisse une narration reliant migrations animales, dynamiques océanographiques, et mémoires culturelles. Elle déplace ainsi le champ de création ouvert par *Umwelt* — ancré dans un territoire local et familier — vers un écosystème global appréhendé à partir de données scientifiques hétérogènes : enregistrements d'écoute passive des océans, des Caraïbes jusqu'à la Norvège, données satellitaires du programme Copernicus, cartographies et relevés météorologiques historiques.

La sonification de ces données ne s'entend pas comme une traduction littérale, mais comme une interprétation compositionnelle : trajectoires des courants marins et bathymétrie du fjord deviennent forces dramaturgiques et structurantes du matériau musical. L'environnement, médiatisé par la donnée, acquiert un rôle d'acteur au sein du processus créatif. Ce dispositif articule art et science dans une relation où la rigueur de l'information scientifique alimente une expérience esthétique et sensible.

Ce déplacement écologique, qui marque la dernière partie de la thèse, ne relève pas d'un simple ajout thématique. Il opère comme une résolution éthique des questions techniques et historiques posées au début du travail. Les premiers chapitres portaient surtout sur la manière de faire : noter l'espace, réactiver des archives, concevoir des outils pertinents. Les œuvres récentes du portfolio interrogent davantage les raisons de leur mise en œuvre : la maîtrise des procédures spatiales n'y apparaît plus comme une fin, mais comme le moyen de développer un art capable de reconfigurer l'écoute et de rendre sensibles les interdépendances entre mondes humain et non humain.

Dans cette perspective, l'esthétique rejoint la proposition du philosophe Glenn Albrecht d'un « Symbiocène », ère où les pratiques culturelles participent à la cohabitation durable de l'humain dans la biosphère. La technique trouve alors sa justification dans l'éthique qui la guide.

16.4 L'oeuvre distribuée : une réponse formelle à l'atomisation numérique

La dernière discussion engage une réflexion sur la culture numérique contemporaine. Elle relie une critique socio-technique de l'« atomisation de l'expérience » à une proposition formelle : l'« œuvre distribuée », conçue comme un modèle de création et de réception adapté à un environnement médiatique fragmenté.

16.4.1 Diagnostic : l'atomisation de l'expérience

Le chapitre 4 propose une analyse diachronique de l'art en réseau à partir de ma trajectoire de chercheur-créateur. Il suit le passage de l'utopie participative du Web 2.0 — incarnée par *Reflet* (2004-2012) — à une période marquée par la saturation informationnelle et la socialité algorithmique. *Reflet* avait été pensée comme une plateforme de création collective, une « agora numérique » destinée à renforcer le lien social. Une décennie plus tard, l'opéra-vidéo *Iquisme* (2010-2015) dresse un constat plus critique : il ne s'agit plus de concevoir une plateforme, mais de mettre en scène, sous une forme allégorique, les logiques de fragmentation qui dominent désormais la société numérique.

La dramaturgie d'*Iquisme* (chapitre 5) repose sur la confrontation de deux principes : « l'Analogique » — le collectif, le relationnel — et « le Numérique » — l'individuel, l'univoque. L'œuvre construit une expérience de saturation et d'isolement, plaçant l'auditeur face à la complexité et au chaos d'un monde où la communication se noue et se défait. Ce diagnostic de l'atomisation — éclatement des contenus, individualisation des usages, désincarnation des relations — prépare le terrain pour la notion d'« œuvre distribuée », développée ensuite comme réponse formelle à ces mutations.

Ce diagnostic de l'atomisation — fragmentation des contenus, individualisation des usages, désincarnation des interactions — définit le cadre problématique auquel l'« œuvre distribuée » entend apporter une réponse.

16.4.2 La réponse formelle : l'œuvre multimodale en constellation

Le concept d'« œuvre distribuée » constitue la réponse formelle développée face au diagnostic d'atomisation. Il désigne une constellation de manifestations multimodales — œuvres de concert, installations, expériences de réalité virtuelle, applications mobiles — issues d'un même noyau conceptuel et matériel, mais autonomes dans leurs contextes de réception.

Beyond Sea Skin (chapitre 15) est le projet qui constitue l'exemple le plus abouti de ce concept. Sa structure en triptyque — pièce orchestrale, installation immersive, expérience XR — permettra au projet de s'inscrire dans différents « habitats culturels », favorisant à la fois la diffusion et une viabilité écologique et sociale, en atteignant des publics variés au moyen de formats appropriés.

Cette organisation constitue une stratégie esthétique et politique : à l'atomisation chaotique et décontextualisée des plateformes numériques, l'œuvre distribuée oppose une fragmentation contrôlée et signifiante. Les différentes composantes sont reliées par un corpus de données commun et une esthétique partagée, celle de la synthèse symbiotique. En mimant la logique de dispersion propre à la culture numérique pour mieux la détourner, l'œuvre instaure une forme de résilience sémantique qui contraste avec la désintégration de l'expérience produite par l'économie des réseaux.

Cette approche redéfinit la temporalité de l'œuvre, qui devient non linéaire et fragmentaire sur le temps long, tout en se manifestant localement, pour la version orchestrale, sous une forme linéaire. Dans l'installation ou les dispositifs XR, le public est invité à construire son propre parcours à travers des scénarios multiples, ces dispositifs s'appuyant pour cela sur des moteurs de jeux vidéo et leurs techniques associées transposées depuis le score mapping ayant permis l'écriture musicale. La cohérence de l'ensemble repose sur une syntaxe commune : l'espace comme paramètre d'écriture. Qu'elle soit orchestrale, interactive ou virtuelle, la spatialisation agit comme une grammaire partagée entre les différentes manifestations médiatiques, confirmant que l'espace n'est pas seulement un outil technique ou un motif écologique, mais le principe organisateur d'une forme artistique adaptée aux conditions culturelles contemporaines.

16.5 Discussions sur l'écriture des espaces

La discussion qui suit reprend l'ensemble des résultats sous l'angle d'une notion élargie de dispositif attachée à chacun des espaces abordés. On entend par *dispositif* un agencement concret qui rend possibles certains gestes et certaines perceptions : il associe des éléments matériels (lieux, transducteurs, instruments), logiciels (algorithmes, mappings), symboliques (notations, schémas), procéduraux (protocoles, partitions d'action) et sociaux (usages, normes, rôles). Cette définition sert d'outil pour articuler sept espaces différenciés et reliés.

L'espace topologique est d'abord le dispositif du lieu d'écoute, naturel ou « bâti » : géométries, matériaux, positions relatives, postures d'audition — qui fixent des voisinages, des distances et des continuités.

L'espace symbolique est le dispositif d'écriture : règles d'orchestration spatiale, répartition des fonctions, trajectoires, notations et automatismes qui organisent la circulation du matériau.

L'espace psychoacoustique est le dispositif perceptif : conditions d'écoute, seuils de saillance, charges attentionnelles, phénomènes de masquage, et indications de distance qui déterminent ce qui peut être effectivement distingué et suivi.

L'espace latent est le dispositif computationnel : modèles de données, états, graphes de dépendance et fonctions de correspondance entre gestes et paramètres ; il ne s'entend pas directement mais conditionne les transformations.

L'espace esthétique est le dispositif des régimes de présence : scène, installation, écoute binaurale, XR, ainsi que les procédures de passage entre ces régimes et les invariants qui soutiennent l'identité des formes.

L'espace social est le dispositif d'existence publique : organologies de diffusion, cadres institutionnels, formats de production, pédagogies et habitudes d'écoute qui orientent les pratiques et la réception.

L'espace biosphérique désigne un dispositif propre aux milieux vivants, articulé à des échelles de temps, des environnements et des niches acoustiques. Les modes de captation et de restitution déterminent les types de matériaux ainsi que les dramaturgies qui en procèdent ou s'en inspirent.

La discussion qui suit mettra en relation ces dispositifs, en partant du plan d'évidence topologique, pour décrire comment ils se contraignent et se soutiennent mutuellement sans présumer d'un modèle unique de la spatialisation.

16.5.1 Espace topologique dynamique

L'espace topologique est posé ici comme dispositif du lieu d'écoute ; il résulte de relations (voisinages, distances, continuités, seuils) et d'opérations (translations, rotations, dilatations) dont l'ordre n'est pas commutatif. La non-commutativité désigne le fait que l'ordre des opérations infléchit le résultat. Dans une modélisation 3D par exemple, l'ordre des opérations transforme le résultat. Une rotation appliquée avant une translation fait tourner l'objet autour de son propre centre, puis le déplace en conservant son orientation. L'inverse — translation puis rotation — le fait tourner autour de l'origine de la scène et décrire une trajectoire circulaire plus large. En spatialisation sonore, le même principe prévaut : une source déplacée puis tournée n'engendre pas le même déplacement qu'une source tournée puis déplacée.

Cette hypothèse explique la tenue des formes et la lisibilité des trajectoires. Cependant, elle déplace la question suivante : jusqu'où le lieu contraint-il l'écriture, et à partir de quand l'écriture reconfigure-t-elle effectivement le lieu ? D'un côté, l'architecture, les matériaux et les modes propres imposent des limites concrètes (zones d'ombre, vitesses maximales de trajectoires suivables). De l'autre, l'implantation, le routage et la calibration orientent le champ auditif au point d'en faire un paramètre actif de la forme. La discussion consiste donc à pondérer ces deux régimes : contrainte de site contre pouvoir de configuration.

Un second point porte sur la validité perceptive des gestes topologiques. Postuler des invariants de voisinage, des seuils d'identité et une tolérance de trajectoire est opératoire : mais à quelles conditions d'écoute ? La densité du matériau, les coûts attentionnels et les masquages requalifient ces seuils. Toutefois, l'ordre optimal n'est pas unique ; il dépend des objectifs (saillance, fusion, halo) et des positions d'écoute envisagées. La discussion invite à expliciter ces choix d'ordre comme des compromis nécessaires, plutôt qu'à les présenter comme des règles générales.

Troisième enjeu : la transférabilité. Définir l'espace topologique à travers l'implantation, la mesure, la calibration et la diffusion, permet de suivre clairement la chaîne de production — mais risque de figer l'écriture dans un lieu unique. Un mixage qui fonctionne parfaitement ici peut se dégrader ailleurs. La réponse consiste à écrire à un niveau plus abstrait — en termes d'objets, de groupes, de scènes — et à distinguer ce qui doit rester identique de ce qui peut s'adapter — comme l'échelle, la largeur ou la distance. La discussion doit donc articuler ces

prescriptions avec des procédures de passage d'un site à l'autre, sans quoi la validité de l'œuvre resterait limitée au contexte initial.

En somme, traiter l'espace topologique comme dispositif rend compte de la co-production du lieu et de l'œuvre, mais cela n'est probant que si trois conditions sont explicites : (1) les limites induites par le site (et leurs effets perceptifs) ; (2) l'ordre des opérations retenu au regard des objectifs esthétiques ; (3) les mécanismes de transfert qui assurent l'identité de la scène au-delà d'un cas singulier. C'est à ce prix que l'espace topologique fonctionne comme plan de référence pour la suite de la discussion, et non comme simple préambule descriptif.

En abaissant le niveau de complexité de la description, cette formulation relativement ardue peut être précédée d'exemples plus simples, familiers à tout ingénieur du son ou artiste sonore travaillant avec des systèmes immersifs. Imaginons d'abord un enregistrement ambisonique dont l'orientation du micro (azimut, inclinaison, rotation) n'a pas été notée : au moment du décodage, une erreur de 90° peut inverser la scène sonore et rendre toute correction ultérieure approximative. Autre cas fréquent : un mixage 7.1.4 exporté sous forme de douze pistes mono non annotées. La moindre inversion de canaux — par exemple entre *top front left* et *top rear left* — perturbe la perception des trajectoires verticales et exige un long remapping. Ces situations illustrent les difficultés de mapping matriciel : sans repères fiables, la reconstitution de la matrice de diffusion initiale, la calibration des délais et l'équilibrage des niveaux, deviennent hasardeux.

Ces exemples, pourtant parlants, ne couvrent toutefois qu'une part limitée de la complexité de l'espace topologique, lequel est capable de générer des problématiques bien plus ardues que celles décrites ici. C'est pourquoi les ingénieurs du son prennent soin de documenter l'orientation des micros, l'ordre des canaux et les matrices de routage, afin d'éviter qu'une pièce spatialisée ne devienne imprécise ou inexploitable lors d'une nouvelle installation.

16.5.2 Espace symbolique et poïétique

L'espace symbolique ordonne la circulation des matériaux : répartition des fonctions, hiérarchies de plans, vitesses et courbures de trajectoire, nature des transitions. L'enjeu est de montrer comment ces décisions engagent la forme elle-même, et non un simple habillage de celle-ci. Elle est possible par « la partition traditionnelle », par le séquenceur et les instruments ou outils dédiés présentés au chapitre 10.

On pourrait soutenir que la spatialisation demeure un paramètre ajouté, réversible sans perte. La réponse ne consiste pas à invoquer une valeur expressive en soi, mais à rappeler un fait opératoire : l'ordre des opérations infléchit le résultat. Si l'on admet cette non-commutativité, alors l'espace intervient au cœur de la fabrique formelle, là où se décident les passages entre figure et fond, entre signal et texture, entre continuité et franchissement de seuil. Autrement dit, la manière dont l'espace est convoqué n'est pas contingente : elle prescrit des rôles.

Reste à tenir ensemble règles locales et règles globales. Localement, chaque objet demande une orientation, une largeur apparente, une enveloppe dynamique et une vitesse admissible ;

globalement, la scène réclame une stabilité suffisante pour que les différenciations soient perçues, avec des phases de dilatation ou de resserrement. Le risque est double : une cohérence locale qui morcelle la scène, et une règle globale qui neutralise les singularités utiles. La voie praticable consiste à expliciter des invariants d'identité — ce qui doit se maintenir pour qu'un objet demeure reconnaissable — et des variables d'adaptation — ce qui peut changer sans perte. C'est ce partage qui rend possibles des passages d'un contexte à l'autre sans reconfiguration intégrale.

La question de la lisibilité ne se tranche pas par principe mais par la pratique de l'écoute. Multiplier les plans et accélérer les trajectoires accroît les coûts attentionnels et les masquages ; inversement, une parcimonie excessive appauvrit la dynamique d'ensemble. La discussion retient des bornes opératoires : nombre de plans simultanés effectivement discernables, vitesses et courbures compatibles avec le suivi d'un même objet, temps de stabilisation après franchissement de seuil. Ces bornes ne valent pas comme normes générales ; elles indiquent des zones de fonctionnement dans les conditions d'écoute visées par le manuscrit.

Une autre tension tient dans la dépendance au dispositif. Une écriture trop arrimée à une implantation unique perd de sa pertinence ailleurs ; une abstraction trop élevée dissout l'effet recherché. On privilégie alors une granularité intermédiaire — objet, groupe, scène — et des procédures de passage entre configurations : ce qui reste (les invariants), ce qui s'ajuste (échelle, largeur, distance), ce qui change (régime de trajectoires). La documentation qui en découle — schémas, jeux de paramètres, consignes d'interprétation — n'est pas un supplément d'archive ; elle conditionne la traçabilité et donc la transférabilité.

Enfin, l'espace musical n'agit jamais seul. Il requalifie métrique, timbre et dynamique, et s'en trouve requalifié en retour. D'où la nécessité d'ordonner les priorités : ici la continuité de trajectoire prime, là ce peut être la stabilité timbrale, ailleurs la dynamique d'attaque. Sans cet ordre explicite, les contraintes se contredisent et la forme se disperse. La discussion assume ces arbitrages comme faisant partie de l'intention d'écriture, et non comme étant des effets secondaires.

Ainsi posé, l'espace musical tient comme principe opératoire à trois conditions : l'ordre des opérations est formulé et justifié au regard de l'effet visé ; les invariants d'identité sont distingués des variables d'adaptation pour gouverner transitions et transferts ; les valeurs de travail qui bordent lisibilité et suivi sont documentées pour les situations retenues. C'est à ce prix que la spatialisation cesse d'apparaître comme un simple ajout et prend place dans l'économie de la forme.

16.5.3 Espace psychoacoustique

Définir des règles stables dans le domaine de l'espace psychoacoustique demeure une entreprise délicate. Les paramètres en jeu sont nombreux, interdépendants et fortement soumis à la subjectivité de l'écoute. L'analyse de cet espace ne peut donc se limiter à un ensemble de prescriptions générales : il s'agit plutôt d'un champ de recherche ouvert, dont la complexité dépasse

largement ce que l'on pourrait réduire aux formules stabilisées des algorithmes de spatialisation. La création sonore, en explorant cet espace, a produit une abondance de savoirs tacites, ineffables, issus de processus de réalisation complets aboutissant à l'expérience d'écoute, de l'intuition à la création. Composer pour l'espace psychoacoustique ne suppose pas le développement d'une sensibilité particulière, mais nécessite une forme d'habituation qui, par l'accumulation d'expérience pratique, permet de discerner les variations fines au-delà des effets les plus manifestes, non plus seulement pour les percevoir mais pour les manipuler et véritablement en jouer. Les auditeurs, quant à eux, peuvent affiner leur écoute d'un répertoire, mais sont naturellement outillés pour percevoir les subtilités d'une écriture spatiale.

On pourrait réduire ici l'espace psychoacoustique au champ perceptif disponible pour l'auditeur, tel qu'il s'organise en objets, plans et masses. Deux repères structurent cette approche : la saillance, qui désigne la capacité d'un événement à attirer l'attention dans un contexte donné, et la scène auditive, entendue comme l'arrangement perçu des sources — selon leur intensité, leur spectre, leur durée, leur rayonnement, et leurs relations : positions, largeurs, distances, proportions entre champ direct et champ réverbéré. Tout cela corrélé à la posture d'écoute et aux capacités de mémoire auditive de l'auditeur.

La continuité perceptive ne correspond pas nécessairement à la stabilité physique de ces paramètres. Un objet sonore peut se déplacer rapidement tout en demeurant reconnaissable si certains invariants sont préservés, tels que la forme de son enveloppe, le rapport entre champ direct et champ réverbéré ou la régularité de ses occurrences. À l'inverse, l'immobilité d'un objet n'assure pas son identité lorsque ces repères se perdent. L'ancrage perceptif de chaque objet — ce qui doit rester constant — doit donc être identifié afin de déterminer ce qui peut varier sans effacer la forme ou bien accepter au contraire d'en créer une nouvelle.

En matière de localisation, l'équilibre entre précision angulaire et profondeur immersive constitue un enjeu central de l'écriture spatiale. C'est là que peut s'exprimer la palette esthétique et sensible du créateur d'espace sonore. Les contrastes entre champ diffus et champ proche, sources ponctuelles, fixes ou en mouvement, fournissent les points de comparaison permettant à l'écoute de reconstituer l'image d'un paysage sonore. Le rendu spatial reste toujours corrélé à la qualité spectro-temporelle des sources, à leurs apparitions et leurs éventuelles récurrences, à la cohérence de mouvement et aux gestes de spatialisation qui les animent. Des matériaux sonores riches (spectralement) et dynamiques, inscrits dans une cinétique fluide, renforcent la lisibilité de la scène. Mais cette approche demeure bien trop restrictive au regard de l'infinité de combinaisons possibles entre les éléments d'une scène sonore.

La perception demeure traversée par une subjectivité irréductible. Chaque auditeur interprète les indices selon son expérience d'écoute, sans parler de sa position physique ou virtuelle dans le champ sonore. Cette subjectivité peut néanmoins être guidée par une variation continue des paramètres : localisation, intensité, spectre ou timbre. Ces modulations progressives fournissent des repères stables et objectivables qui permettent de construire une représentation cohérente de l'espace. Le contraste reste une condition essentielle. Sans aspérités dynamiques ou

spectrales, aucun invariant ne se dégage et le signal ne peut être perçu comme une présence spatiale crédible. Des écarts marqués en intensité ou en fréquence sont indispensables pour souligner les caractéristiques persistantes qui servent d'ancrage et confèrent au champ sonore son relief.

La temporalité impose une vigilance particulière sur les durées d'exposition d'un phénomène, d'un objet, ou même d'une forme sonore. Ces agencements de temps, pouvant se superposer, participent à l'organisation des plans d'une scène sonore. L'écriture doit donc prévoir des temps d'ancrage permettant à chaque objet ou masse de s'installer dans l'écoute, tout en jouant sur les mécanismes de l'attention afin de produire une image temporelle chez l'auditeur. Autrement dit, il s'agit de considérer (ou non) une hiérarchie temporelle d'éléments à mémoriser.

Ainsi conçu, l'espace psychoacoustique constitue un paramètre d'écriture qui met directement à l'épreuve les décisions poïétiques en articulant les invariants qui assurent l'identité des objets, les contrastes et la prise en considération des conditions d'écoute envisagées. L'articulation des contraintes de cet espace conditionne les possibilités de diffusion et de transférabilité de l'expérience sonore créée.

En somme, si la perception spatiale reste profondément marquée par la subjectivité, elle n'est pas entièrement contingente. Des invariants relativement stables permettent au compositeur d'articuler ses intentions et d'ancrer la cohérence de son écriture. Ces invariants — qu'il s'agisse de contrastes dynamiques, de rapports entre champ direct et champ réverbéré, de structures temporelles ou de dispositifs de diffusion — fournissent des repères identifiables sur lesquels se fonde une poétique de l'espace. Ce terrain reste cependant largement à explorer, car les mécanismes psychoacoustiques qui soutiennent la perception spatiale sont loin d'être totalement compris. La création sonore représente à cet égard un corpus empirique particulièrement riche, qui a déjà sélectionné et mis en jeu des hypothèses perceptives susceptibles d'ouvrir de nombreuses pistes d'étude dans une approche interdisciplinaire. Le projet *Écoute en mouvement*, présenté en fin de chapitre, s'inscrit dans cette perspective : en associant création artistique et recherche en santé, il expérimente des formes d'écriture générative et interactive qui explorent la perception spontanée des qualités sensorielles et esthétiques du son spatialisé.

16.5.4 Espace latent

On entend ici par *espace latent* l'ensemble des représentations et des procédures qui médiatisent l'écriture et la restitution sans se donner directement à entendre. Il s'agit d'un dispositif au sens plein : structures de données et *états* (configurations cohérentes de paramètres), règles et fonctions, mais aussi liaisons entre ces éléments, sous forme de graphes de dépendance. J'appelle *mapping* la correspondance qui relie un geste ou une règle à un paramètre de synthèse ou de spatialisation. Poser ce décor n'a d'intérêt qu'à une condition : montrer en quoi cet espace conditionne ce que l'on peut transformer, à quelle vitesse, et avec quel degré de réversibilité.

Le premier enjeu est de rendre visible ce qui fait agir. L'espace latent opère souvent dans un clair-obscur : des présélections, des bornes, des lissages ont été fixés, mais ils ne sont pas toujours énoncés comme tels. Or une écriture qui s'appuie sur ces mécanismes doit expliciter ses choix : seuils, priorités, règles d'arbitrage. La non-commutativité, déjà posée dans ce chapitre, y prend une forme concrète : filtrer un ensemble d'états avant la projection n'équivaut pas à projeter puis filtrer. L'ordre retenu engage un effet (stabilité, saillance, fusion) ; il doit donc être justifié comme on justifie une instrumentation ou une métrique.

Vient alors le nœud du degré d'abstraction. Trop bas, l'écriture se retrouve prisonnière d'un dispositif unique ; trop haut, elle perd la prise qui fait forme. Une voie praticable consiste à choisir une granularité claire — objet, groupe, scène — et à documenter les passages. Un *état* n'est pas une photographie de curseurs ; il vaut s'il décrit un comportement réutilisable, par exemple une manière de franchir un voisinage sans perdre l'identité d'un objet. Autrement dit, l'espace latent gagne à être pensé en *régimes* plutôt qu'en instantanés.

S'ensuit un arbitrage entre paramétrer et contraindre. L'abondance de contrôles produit une illusion de liberté ; l'écriture s'y disperse et la scène se fragmente. À l'inverse, des contraintes situées (bornes, quantifications, dépendances) dessinent un champ d'action intelligible. Le critère est simple : une contrainte est légitime si elle sert un invariant d'identité, c'est-à-dire ce qui doit tenir pour que l'objet demeure reconnaissable ; elle devient obstacle lorsqu'elle empêche un changement pertinent pour la forme. L'espace latent joue alors son rôle de garde-fou sans se substituer à l'invention.

Reste un point de vigilance : traçabilité et réversibilité. Un dispositif qui ne laisse pas de traces suffisantes — scripts, presets, versions, journaux d'essai — interdit de relier un effet audible à la chaîne de décisions qui l'a produit. La *réversibilité* n'implique pas un retour illimité en arrière ; elle signifie la capacité à remonter les dépendances pour modifier une étape sans perdre l'ensemble. À défaut, l'espace latent devient une boîte close où l'on constate après coup ce que l'on ne peut plus ajuster.

Enfin, il faut situer l'écart entre noyau et site. Un même *mapping* n'aboutit pas au même résultat selon la topologie de diffusion, l'aire utile d'écoute, le niveau ambiant. Plutôt que d'en conclure à l'arbitraire, on distinguera ce qui relève d'un principe (par exemple, la hiérarchie des repères perceptifs) et ce qui relève d'une adaptation (élargir une fenêtre de valeurs, ajuster une proportion direct/réverbéré). L'espace latent doit intégrer ces deux plans : un cœur stable et des paramètres d'ajustement explicités.

Ainsi formulé, l'espace latent cesse d'être un arrière-plan technique. Il devient un lieu d'énonciation où des choix esthétiques prennent la forme de procédures, et où la méthode peut circuler d'une œuvre à l'autre sans se dissoudre : ordre des opérations nommées, invariants distingués des variables d'adaptation, traces suffisantes pour rejouer, analyser, transférer. C'est à cette condition que le dispositif computationnel soutient la cohérence topologique et la lisibilité sonore, au lieu de les contraindre en silence.

16.5.5 Espace esthétique

Dans cette recherche, l'*espace esthétique* ne se limite ni à un style ni à un décor. Il désigne l'organisation des formes d'existence de l'œuvre et la manière dont celles-ci se déploient dans des régimes de présence distincts : concert immersif, installation audiovisuelle, application en réalité étendue. Ces modalités ne sont pas des déclinaisons secondaires mais les volets interdépendants d'une même écriture, conçus pour dialoguer et circuler entre eux. Cette conception prolonge des démarches amorcées dans des projets antérieurs, où la fragmentation de l'expérience et la non-linéarité de la forme avaient déjà mis en avant une esthétique de la distribution fondée sur l'espace comme syntaxe, et l'interaction comme principe d'organisation.

L'espace esthétique s'entend ainsi comme un champ de transformations réglées. Il articule l'écriture musicale à l'écriture de l'espace, la scénographie à l'architecture de la perception. Il ne s'agit pas de reproduire un paysage, mais de composer un milieu sonore dans lequel données environnementales, matériaux instrumentaux et technologies immersives, coexistent. Cette approche engage une éthique de l'écoute : elle propose ce que le manuscrit nomme une *écoute symbiotique*, c'est-à-dire une forme d'attention qui ne sépare pas la dimension musicale de la dimension écologique, et qui ne se réduit ni à la représentation ni au simple prélèvement du réel.

Cette perspective déplace le rôle de la composition. L'œuvre devient un écosystème poïétique et critique, capable d'articuler des matériaux scientifiques, culturels et naturels, dans une forme cohérente. L'acte de composer ne consiste plus à juxtaposer des parties mais à travailler un espace déjà donné — topologique, social, technologique — pour en révéler et en moduler les potentialités. L'espace, dans ses diverses dimensions, agit dès lors comme un véritable générateur d'écriture.

En termes de connaissance, plusieurs apports se dégagent :

- La notion d'œuvre distribuée propose un modèle théorique et pratique pour penser la continuité d'une création au-delà d'un format unique, en assumant la pluralité de ses régimes de présence.
- L'écoute symbiotique introduit une posture esthétique et éthique qui dépasse la représentation du paysage sonore et renouvelle les rapports entre composition, environnement et perception.
- Enfin, l'écriture de l'espace telle qu'elle est documentée — schémas de placement, tables d'écriture numérique, dispositifs interopérables — offre des méthodes transférables pour d'autres pratiques de composition et de recherche.

Ainsi défini à partir des analyses du manuscrit, l'espace esthétique ne constitue pas une catégorie décorative : il devient un principe opératoire qui relie l'invention formelle à des enjeux écologiques, techniques et culturels, et qui, ce faisant, ouvre un champ nouveau pour la musicologie de la création et pour la recherche-création sonore.

16.5.6 Espace social

Dans cette recherche, l'*espace social* désigne l'ensemble des cadres qui rendent possible l'écriture et la diffusion des œuvres : institutions culturelles, équipes techniques, lieux de résidence et de concert, dispositifs pédagogiques, publics et réseaux de partenaires. Il ne s'agit pas d'un contexte extérieur que l'on décrirait après coup, mais d'un élément constitutif de la composition. La manière dont un projet prend forme dépend directement des coopérations qu'il engage, des formats qu'il rencontre et des outils qu'il partage.

Cet espace se manifeste d'abord dans la genèse des dispositifs. Les œuvres analysées dans le manuscrit — qu'il s'agisse de créations orchestrales, de pièces immersives ou de plateformes logicielles — ont été conçues en dialogue avec des centres de recherche, des festivals, des associations de santé ou des laboratoires universitaires. Ces structures apportent des ressources matérielles (studios, réseaux de diffusion), des compétences (techniciens, développeurs) et des protocoles (normes de captation, modes de restitution) qui orientent les choix d'écriture. L'œuvre n'est pas seulement jouée dans ces cadres ; elle s'y invente en partie.

Cet espace est également celui de la transmission et de la formation. La thèse documente la mise en place d'ateliers de spatialisation et de création sonore, ainsi que le développement d'outils comme Sound Trajectory qui circulent entre les pratiques artistiques et l'enseignement. Ces actions ne relèvent pas d'un prolongement pédagogique secondaire : elles constituent un mode d'énonciation de la recherche, où les outils deviennent à la fois moyens de production et vecteurs de savoirs. La capacité à former et à documenter est ainsi inséparable de la composition elle-même.

Enfin, l'espace social engage une politique de l'écoute. Les œuvres décrites s'inscrivent dans des environnements où la diversité des publics et des usages n'est pas un simple paramètre : elle oriente la dramaturgie et la mise en scène de l'espace. La pluralité des contextes — du concert immersif à l'installation en hôpital — exige de penser des formes capables de se reconfigurer, d'adapter leurs échelles et leurs durées, tout en maintenant une identité poïétique. La question de la transférabilité des dispositifs et des pratiques, longuement travaillée dans le manuscrit, trouve ici sa pleine signification.

Ces observations apportent plusieurs contributions à la connaissance :

- Elles montrent que l'espace social n'est pas un décor mais un vecteur de composition, conditionnant la forme même de l'œuvre.
- Elles établissent un lien entre pratique artistique et production de savoirs, en soulignant que les outils créés (logiciels, partitions spatiales, protocoles de diffusion) sont aussi des supports d'enseignement et de recherche.

Elles ouvrent enfin une réflexion sur la politique de l'écoute, en démontrant comment la diversité des lieux et des publics devient un moteur de l'écriture spatiale.

Ainsi compris, l'espace social ne se contente pas d'accompagner la création : il la configure, la prolonge et la diffuse. Il constitue un champ où se nouent invention artistique, coopération institutionnelle et transmission des savoirs, et contribue à la reconnaissance de la recherche-création comme pratique génératrice de formes et de connaissances.

16.5.7 Espace biosphérique

Dans le cadre de cette recherche, l'*espace biosphérique* désigne l'ensemble des milieux vivants — marins, terrestres ou aériens — qui nourrissent et orientent la composition. Il ne s'agit pas seulement de lieux d'enregistrement ou de collecte, mais de milieux actifs, porteurs de rythmes, de comportements et de relations interspécifiques. Les sons qui en sont issus — chants de cétacés, insectes, oiseaux, textures sous-marines — constituent autant de matériaux mais aussi de modèles d'organisation, donnant à l'écriture un horizon plus large que celui de l'atelier ou de la salle de concert.

Dans le manuscrit, deux œuvres rendent tangible cette approche. *Beyond Sea Skin* s'appuie sur des captations réalisées dans des fjords norvégiens riches en biodiversité acoustique, où se rencontrent rorquals, cachalots, orques et baleines à bosse. Ces enregistrements ne sont pas utilisés comme simples objets sonores : ils structurent des trajectoires, suggèrent des temporalités et modèlent des rapports de distance et de densité. De même, le projet *Umwelt* traverse des environnements méditerranéens pour recomposer des strates sonores où le vivant est un partenaire qu'il a fallut tenter de comprendre pour saisir son témoignage. Ces choix ne visent pas la reconstitution documentaire, ils prolongent des situations d'écoute où la dynamique écologique est un moteur d'écriture.

Cet espace ouvre plusieurs champs de discussion.
— Il interroge la temporalité de la composition. Les cycles de migration, les alternances jour/nuit, les variations saisonnières déplacent les échelles habituelles du temps musical. Composer à partir de ces durées revient à inscrire l'œuvre dans des processus plus lents et plus vastes que la forme de concert.
— Il engage une réflexion sur la cohabitation sonore. Les principes de niche acoustique et de partage des ressources, documentés par les sciences du vivant, deviennent des modèles pour l'orchestration et la spatialisation, invitant à penser l'équilibre entre espèces sonores plutôt qu'entre instruments seuls.
— Il suppose enfin une éthique de la captation et de la restitution. La collecte de sons dans des écosystèmes fragiles et leur diffusion publique soulèvent des questions de respect, de responsabilité et de transmission scientifique, qui ne sont pas accessoires mais constitutives de l'œuvre.

Ces dimensions constituent des apports à la connaissance à plusieurs niveaux. Elles enrichissent la musicologie en reliant la composition à des cycles écologiques et à des modèles de coexistence acoustique. Elles contribuent à une compréhension renouvelée du rôle de la spatialisation : non pas simple mise en relief, mais inscription de la musique dans une écologie

sonore où humains et non-humains partagent un même champ d'audibilité. Enfin, elles montrent comment la recherche-création peut fonctionner comme une interface entre arts et sciences du vivant, produisant des données, des méthodes et des récits qui participent à la connaissance des milieux tout en les réinventant par l'écoute.

Ainsi défini, l'espace biosphérique ne se réduit pas à un réservoir de sons : il devient un principe organisateur, où l'acte de composer rejoint celui d'habiter un monde commun, et où la création musicale prend part aux questions écologiques et culturelles contemporaines.

16.5.8 Concepts émergents autour d'un univers spatial multiple

L'exploration des multiples dimensions de l'espace appréhendées comme dispositifs d'écriture, permet de cristalliser plusieurs concepts structurants pour une nouvelle approche de la musique à l'ère numérique. Ces concepts, fruits d'une recherche par la pratique, formalisent les dynamiques de l'écriture spatiale.

Au cœur de cette approche se trouve le principe de non-commutativité, déjà souligné (chapitres 6). Il régit les relations spatiales et leurs transformations, signifiant que l'ordre des opérations (compositionnelles ou interactives) est déterminant pour le résultat perçu et la construction de l'espace[690]. L'espace n'est plus un contenant passif, mais un champ dynamique où la forme émerge des processus.

Face aux limites de la partition traditionnelle, la partition numérique s'affirme comme un organisme dynamique capable de rendre compte de la complexité spatiale (Chapitre 3 et 10). Au-delà d'une représentation figée, elle intègre données, processus et interactions, déployant l'œuvre un espace temps potentiellement reconfigurable. Elle est un plan d'action, un guide pour l'interprète et un espace de dialogue.

Le dispositif, organe opérateur (Chapitre 1), dépasse sa dimension technique pour considérer ses aspects conceptuels et réflexifs. Il est une disposition, un agencement intentionnel d'éléments divers (matériels, logiciels, symboliques, procéduraux, sociaux) qui façonne l'écriture et la perception. Ce médiateur relie les espaces, régule leurs interactions et inscrit leurs transformations dans l'œuvre. La réflexion sur le dispositif comme disposition est fondamentale pour l'écriture spatiale numérique.

Il convient cependant de nuancer la notion de dispositif au regard des approches agnostiques, telles que sous-entendues par le mixage objet. Si cette méthode permet de simuler une variété de procédés et vise un objectif idéal de transportabilité d'une version fixée d'une œuvre dans des configurations variées, elle favorise principalement l'espace interne d'un médium sonore — le support de lecture électroacoustique. Cette virtualisation efficace des espaces internes ne

[690] Il est important de préciser que l'expression "univers spatial multiple" désigne ici une pluralité de régimes d'espace (topologique, symbolique, etc.) qui interagissent. La non-commutativité, principe fondamental discuté notamment en 16.5.1, ne s'applique pas aux "dimensions" intrinsèques d'un même espace géométrique, mais à l'ordre des opérations (gestes compositionnels, interactions, transformations) au sein de ce complexe d'espaces, dont la séquence est déterminante pour le résultat perçu de l'œuvre.

doit pas banaliser au point de supplanter les alternatives de dispositifs singuliers impliquant une écriture spécifique avec des contraintes spatiales propres à un lieu donné. Autrement dit, si le mixage objet permet de s'affranchir de certaines contraintes liées au médium, il ne résout pas les défis réels d'implémentation physique et acoustique. Ces derniers peuvent présenter de réelles difficultés de concordance insolubles si le dispositif physique n'est pas conçu pour une diffusion standardisée ou homogène, soulignant ainsi l'importance de penser le dispositif dans sa globalité, incluant ses aspects matériels et contextuels.

Enfin, dans cet univers ouvert et dynamique, l'interprète spatial devient co-auteur (chapitres 4, 11 et 12). Qu'il soit humain ou machine, ses gestes et interactions participent activement à façonner l'espace de l'œuvre, transformant la simple exécution en une collaboration essentielle à la réalisation.

Ces concepts — non-commutativité, partition numérique, dispositif entendu comme disposition et nuancé par les approches agnostiques — s'articulent pour définir une écriture musicale où « l'espace » est un principe actif. Il peut désormais concilier les aspect interne et externe de l'œuvre considérer comme un système en partie ouvert. La création tout comme l'écoute est alors un processus dynamique et partagé.

16.5.9 Difficultés et questions ouvertes

L'exploration d'un univers spatial multiple, appréhendé comme principe d'écriture, soulève plusieurs difficultés et questions ouvertes qui touchent à la définition même de l'œuvre dans des espaces topologiques, numériques, sociaux et éthiques.

Une difficulté majeure réside dans la mesure et la formalisation de la perception spatiale. Malgré les avancées en psychoacoustique, la subjectivité de l'expérience rend difficile l'élaboration de modèles précis. Évaluer l'impact d'un geste spatial sur l'auditeur ou créer des outils sensibles à cette variabilité demeure à la fois un défi et un garde-fou face aux ambitions des IA. La « justesse » esthétique des simulations spatiales reste difficilement quantifiable. Cette question traverse l'ensemble des dimensions de l'espace, qu'il s'agisse de leur charge symbolique, de l'activation d'un potentiel latent, ou de l'impact d'une expérience sociale. En temps réel, seules les empreintes spectrales (IR) offrent la possibilité de capturer un état acoustique donné, produisant une image plus ou moins fixe[691] d'une situation ou d'un emplacement sonore.

La recherche a aussi rencontré un nœud esthétique et éthique : comment maintenir une cohérence artistique tout en ouvrant la partition à la contribution active des interprètes et à l'adaptation permanente des dispositifs ? Dans mon cas, la partition traditionnelle s'est dissoute dans l'écriture de patchs et de sessions de séquenceurs. Mais la complexité des workflows multi-

[691] La réponse impulsionnelle (IR) décrit la réponse linéaire et invariante dans le temps d'un système. Le traitement d'un signal par convolution avec une IR repose sur ce postulat : il ne produit ni harmoniques ni distorsions non linéaires, mais une superposition déterministe des composantes du signal d'entrée.

logiciels fait peser un risque constant sur la pérennité des dispositifs, menacés à chaque évolution matérielle ou mise à jour majeure. Ces difficultés, inhérentes à la musique mixte depuis ses origines, restent en grande partie insolubles sans un effort continu. La thèse a exploré les archives et esquissé des solutions, mais l'expérience montre que rien n'est jamais définitivement stabilisé : même un système reproduit à l'identique peut produire des résultats différents[692]. C'est pourquoi l'enregistrement, au sens traditionnel, fixé sur une bande désormais numérique mais toujours linéaire, demeure la solution la plus fiable pour conserver l'état d'exécution d'une œuvre à un instant donné.

La thèse propose en parallèle une écologie de la création et de l'écoute, articulant la notion de synthèse symbiotique avec une réflexion éthique sur l'intégration du vivant. Loin de toute appropriation culturelle des expressions non humaines, cette démarche reconnaît l'inévitable anthropocentrisme de la perception et de la création, souvent traversé par l'affect et la sensibilité.

Le compositeur, tout en cultivant une écoute attentive aux paysages sonores et aux expressions bioacoustiques, est ainsi invité à une objectivité sensible et pragmatique. Il s'agit de cohabiter avec l'environnement sonore par des protocoles qui dépassent la simple symbolisation affective : la musique ne se contente plus de représenter le vivant, mais cherche un dialogue opératoire avec les dynamiques biosphériques, rendant audibles leurs interdépendances. Cette approche engage l'expression artistique dans un double défi : renouveler une dialectique musicale attentive à une conscience écologique, tout en évitant les stéréotypes anecdotiques de la mise en scène symbolique qui, bien qu'ayant joué un rôle expressif dans l'histoire de la musique, ont rarement suscité une véritable sensibilité écologique chez le public. Il s'agit plutôt de créer des musiques certes évocatrices, mais capables de faire cohabiter avec un « autre » plutôt que de transporter vers un ailleurs.

L'état de l'art historique du chapitre 2, présenté comme un « florilège », ne prétend pas à l'exhaustivité et reflète des choix subjectifs, laissant nécessairement dans l'ombre des figures et des pratiques importantes. De même, le projet *Beyond Sea Skin,* qui constitue la synthèse poïétique de la recherche, est présenté ici dans un état prototypique et conceptuel. Sa réalisation complète excède les cadres de production d'un doctorat et constitue une perspective de travail post-doctorale, une limite qui est aussi une ouverture. Enfin, le focus sur des compositeurs comme Romitelli et Risset, s'il a été productif, a nécessairement limité le champ d'investigation archivistique.

Ces questions ne sont pas des impasses mais des problèmes constitutifs. Elles signalent les limites d'un projet qui fait de l'espace un opérateur d'écriture et de connaissance. Elles servent de points d'appui pour de futurs développements : affiner les protocoles de mesure, approfondir

[692] Pour toutes sortes de raisons, un ordinateur peut ne pas produire exactement les mêmes résultats, même pour une opération simple. La première tient au fait que le processus de calcul d'un ordinateur numérique est avant tout le fruit d'opérations analogiques sur un circuit électronique en silicium. Gérard Berry pourrait ajouter que s'y jouent aussi des notions propres au décalage temporel et à l'inscription spatiale, qui conditionnent la manière dont le calcul s'exécute et se synchronise (Berry, Gérard. *Le Temps vu autrement*, Paris, Odile Jacob, 2025).

la notion d'invariant, concevoir des partitions adaptables, et « explorer l'indéterminé » comme ressource créative.

16.6 Conclusions

Cette thèse avait pour objet de considérer l'espace comme paramètre d'écriture, appréhendé à travers les dispositifs de spatialisation sonore. L'hypothèse a été pleinement confirmée et substantiellement approfondie. L'étude a montré que l'espace n'est ni décor neutre ni simple support, mais un principe actif qui façonne l'ensemble du processus compositionnel, de l'intention à la perception. En conceptualisant un « univers spatial multiple » — intégrant les dimensions topologique, symbolique, psychoacoustique, latente, esthétique, sociale et biosphérique — et en l'articulant avec les notions d'« archive active », de « synthèse symbiotique » et d'« œuvre distribuée », cette recherche établit un cadre théorique et pratique pour une création musicale qui tire parti du numérique. Le numérique, entendu comme milieu capable d'agréger, modéliser et resynthétiser une multiplicité de flux d'informations, tout en reconnaissant ce qui échappe au calcul : l'art d'ordonner et d'agencer des données sensibles dans une forme perceptible, relevant de l'invention du compositeur et de l'interprétation du public.

Un apport majeur de ce travail réside dans le déplacement conceptuel de la spatialisation : d'une fonction ornementale, illustrative, symbolique ou fonctionnelle, elle est présentée comme l'écriture d'un espace multiple. Ce glissement transforme la pratique compositionnelle en profondeur, invitant le compositeur à considérer l'espace non plus seulement comme une condition extérieure mais comme une matière première. La notion d'écriture en contenait déjà l'idée, mais l'élargissement proposé ici fusionne les aspects élémentaires pour les relier à des considérations plus vastes, qu'elles soient esthétiques, sociales ou écologiques. Cette écriture se concrétise par des dispositifs conçus comme des « agencements concrets », qui rendent possibles des gestes et des perceptions spécifiques et façonnent l'expérience de l'œuvre. Le développement d'une lutherie numérique dédiée (chapitre 10) en constitue l'expression la plus directe, traduisant l'intention spatiale complexe en données opératoires et reproductibles.

La non-commutativité est apparue comme un principe organisateur fondamental de cette écriture. Autrement dit, l'ordre des opérations — qu'elles relèvent de la composition en studio, des traitements numériques ou des parcours d'écoute — détermine la construction même de l'espace sonore. Ce constat change la perspective : l'œuvre n'est plus une forme figée, mais un processus vivant où chaque geste technique ou artistique influence la suite, en relation parallèle ou hétérochronique, et transforme le résultat. La forme émerge d'un tissage continu entre choix créatifs, dispositifs technologiques, et contextes d'écoute. Dans les pratiques actuelles, ce principe trouve un appui concret dans le mixage objet, qui permet de moduler ou re-moduler dynamiquement les sources selon différents degrés de transformation — déplacement de l'auditeur, virtuel ou réel, dans un espace physique ou simulé, orientation de l'écoute, ajustement des trajectoires — et dans les règles d'écriture offertes par des dispositifs non linéaires, proches

des frameworks de jeux vidéo, qui ouvrent à une plasticité interactive de l'écriture de la spatialisation de l'œuvre. Ainsi, la non-commutativité nourrit une nouvelle grammaire de l'espace, redéfinissant les relations entre le compositeur, l'œuvre, les interprètes et les modes d'écoute du public.

La thèse a également approfondi le concept d'« archive active », en montrant comment l'archéologie logicielle — qu'il s'agisse de la remise en fonctionnement des patchs de Jean-Claude Risset, de l'analyse du code PatchWork/OpenMusic lié à Fausto Romitelli ou de l'exploration des dispositifs du GMEB/IMEB tels que le Cybernéphone (chapitres 7 à 9) — dépasse la seule approche musicologique pour devenir une véritable posture éthique face au patrimoine sonore et à la mémoire technologique. En réactivant des environnements et des savoirs figés par l'obsolescence, cette démarche ne se contente pas d'alimenter la création contemporaine : elle transforme l'archive en laboratoire opératoire, où les codes, outils et gestes d'hier redeviennent des matériaux de recherche et de composition. Contrairement à une archive classique, qui vise d'abord la conservation, la stabilisation et la preuve documentaire, l'archive active privilégie l'usage et la circulation : elle fait fonctionner les dispositifs, produit de nouvelles données, autorise des réécritures, et maintient vivante la chaîne des savoir-faire. Elle ne fige pas un objet dans une histoire close, mais relance des processus, et ouvre de nouveaux possibles esthétiques et techniques. L'archive cesse ainsi d'être un simple dépôt pour se constituer en mémoire vivante, capable de soutenir la continuité des techniques, d'éclairer les logiques d'invention passées, et de fournir un socle critique et créatif aux générations appelées à composer avec cet héritage numérique et acoustique.

La proposition de « synthèse symbiotique » (chapitre 13 — *Umwelt*) marque un tournant éthique dans la manière d'intégrer au processus de composition les environnements naturels et les données issues du vivant. Elle dépasse la simple instrumentalisation ou la charge affective du son environnemental, et redéfinit la place du compositeur face aux milieux biosphériques et aux informations qu'ils produisent. L'œuvre musicale est ainsi un dispositif capable de rendre audibles et sensibles les interdépendances complexes, souvent imperceptibles, entre mondes humains et non humains, contribuant à une conscience écologique renouvelée. Dans *Umwelt*, cette orientation se traduit par une écriture qui ne vise pas à reproduire la nature mais à composer avec elle, en organisant la coexistence de régimes sonores hétérogènes — bioacoustique, écriture instrumentale et électronique — au sein d'un même « écosystème sonore ».

La notion d'« œuvre distribuée » (chapitre 15) propose une réponse structurelle et esthétique à la dispersion propre aux environnements de diffusion actuels : concerts, installations, streaming, applications, réalités mixtes. Elle conçoit la création non comme un objet unique et clos, mais comme un ensemble de manifestations interconnectées qui se déploient sur ces différents supports tout en maintenant une continuité de matériau, de forme et de sens. Cette continuité repose à la fois sur une syntaxe spatiale partagée et sur une stratégie d'archivage actif qui permet de réactiver ou de transformer chaque version sans perte de cohérence.

Beyond Sea Skin en est l'exemple central. La même matière compositionnelle alimente une version orchestrale de concert, une installation immersive sous dôme, une application mobile pour une écoute déambulatoire, et une reconstitution en réalité virtuelle. Chaque module propose sa propre temporalité et son mode de participation, mais s'appuie sur des captations multipistes, une modélisation 3D et des protocoles de stockage pensés pour la réutilisation. Cette conception vise une résilience double : face à la diversité et à l'évolution des moyens de diffusion, en rendant possible de nouvelles actualisations, et face à l'obsolescence technologique, en inscrivant l'œuvre dans une mémoire vivante plutôt que dans une simple conservation.

En circulant d'un médium à l'autre, l'œuvre tisse ses propres continuités et sollicite une participation active — immersion en salle, exploration en réalité virtuelle, écoute mobile — transformant la fragmentation des modes de diffusion en occasions d'appropriations multiples et de prolongements collectifs, tout en affirmant une identité artistique unifiée et durable.

Ces apports s'inscrivent dans une démarche de recherche-création qui associe de façon indissociable théorie et pratique. Le portfolio d'œuvres (chapitres 11 à 15) en constitue la preuve concrète : il met les hypothèses théoriques à l'épreuve de la pratique musicale et sonore, en démontrant leurs validités par l'expérimentation. Ce mouvement, où chaque réalisation nourrit la réflexion, engendre naturellement de nouvelles questions, et ouvre des perspectives fécondes pour de futures recherches.

En articulant de manière indissociable la pratique artistique et la réflexion théorique, cette recherche a démontré que l'espace, en tant que paramètre d'écriture, est le lieu où peux s'opèrer une synthèse critique entre la technique (l'espace opératoire), la mémoire (l'archive active) et l'écologie (l'écoute symbiotique). La méthodologie de la recherche-création n'a pas été un simple cadre pour le travail ; elle s'est révélée être un résultat en soi. La thèse expose la valeur épistémologique de cette approche en montrant que les œuvres produites ne sont pas des applications d'une théorie préexistante, mais les sites mêmes où la connaissance est produite, mise à l'épreuve et affinée. Chaque création est simultanément une expérience esthétique pour un public, une archive vivante pour la musicologie future, et un vecteur de connaissance pour la communauté scientifique et artistique. Ce faisant, la thèse répond à l'énoncé initial : elle inscrit une démarche artistique personnelle dans un champ de références partagées, tout en rendant visible le savoir-faire d'une œuvre et sa manière de construire un monde.

L'une des pistes prometteuses à approfondir concerne la modélisation de la perception spatiale subjective. Développer des outils et des systèmes génératifs capables d'intégrer la complexité irréductible de l'expérience humaine, sans la réduire à des paramètres purement quantifiables, demeure un défi scientifique et artistique majeur. La question de l'éthique de l'IA en création musicale reste également largement ouverte et cruciale, notamment en ce qui concerne l'attribution de la paternité, le droit d'auteur dans un contexte de collaboration homme-machine, et la redéfinition du rôle de l'humain comme interprète, éditeur et co-auteur.

Les concepts d'« écologie de la création » et d'« œuvre distribuée » ouvrent aujourd'hui des perspectives qui débordent le champ musical et rejoignent des pratiques déjà actives dans d'autres disciplines. En architecture ou en design d'espaces, où la spatialogie — l'étude des relations entre l'humain et l'espace — est centrale, de nombreux projets mettent déjà en œuvre des systèmes bio-réactifs ajustant lumière, ventilation ou flux énergétiques en dialogue avec leur environnement, et utilisant des matériaux issus de circuits courts ou recyclés, et reposant sur des démarches collaboratives ancrées dans les dynamiques écologiques du site. Parallèlement, l'expérience de ces lieux prend la forme d'œuvres distribuées : des parcours sonores immersifs accessibles via des applications mobiles, des dispositifs lumineux interactifs et des archives en ligne alimentées par les habitants prolongent l'espace architectural au-delà de sa matérialité. Ces réalisations, auxquelles je contribue ponctuellement, confirment dans la pratique ce que mes recherches soutiennent : une écologie sonore déjà inscrite dans un écosystème existant, où matière, information et expérience collective s'entrelacent.

Néanmoins, la musique conserve une puissance singulière. Même lorsqu'elle se compose avec *l'autre*, elle demeure l'un des moyens les plus féconds pour transporter l'auditeur vers *d'autres lieux*, réels ou imaginaires, où se déploient *d'autres formes* de présence et d'altérité. Ces voyages d'écoute ouvrent à des ailleurs multiples, tout en renforçant la conscience des liens qui nous unissent au vivant. Ainsi, la musique prolonge et intensifie ce que ces pratiques spatiales amorcent, en faisant résonner la co-présence et l'exploration d'espaces sensibles au-delà de leurs ancrages matériels.

En somme, cette thèse a posé les jalons d'une grammaire de l'espace en musique, où la composition est fondamentalement envisagée comme un acte d'articulation et de fusion poétique — un champ dynamique de relations, de transformations et d'interactions. Elle invite de manière pressante à repenser en profondeur notre rapport au son, à l'espace sous toutes ses formes, à la technologie en constante évolution, et à l'environnement biosphérique. Ce faisant, elle ouvre résolument la voie à de nouvelles formes, potentiellement inexplorées, de création et d'écoute musicales.

16.6.3 Apport opérationnel

1. De la non-commutativité à la non-linéarité

L'analyse des œuvres et des dispositifs a montré que la non-commutativité — le fait que l'ordre des opérations change le résultat — est constitutive de l'écriture spatiale. Les chaînes de captation, d'analyse et de diffusion ne peuvent être réordonnées sans transformer la texture sonore et la dramaturgie. Mais dans les dispositifs interactifs que cette thèse présente, l'enjeu dépasse l'ordre des opérations : il concerne la structure même du temp**s**. Les interventions du public, les flux bioacoustiques (chants des cétacés, signaux marins), les réponses différées de l'environnement technique, introduisent des bifurcations imprévisibles. La non-linéarité devient ainsi le régime ordinaire : les événements ne s'enchaînent pas selon une chronologie unique

mais se recomposent en continu, générant une polyphonie de parcours sonores où chaque occurrence reconfigure le champ d'écoute et la forme même de l'œuvre.

2. Hétérochronie et écriture temporelle

Cette dynamique s'inscrit dans une perspective d'hétérochronie, entendue comme coexistence et tressage de temporalités hétérogènes : temps géologique de l'océan, temps biologique des migrations animales, temps technique des capteurs et temps perceptif de l'auditeur. L'écriture musicale n'est plus une ligne, mais un nœud de rythmes inégaux qui se chevauchent, se ralentissent, se précipitent. La composition est abordée comme un art de l'articulation de ces temps multiples, qui peuvent se déphaser, se recomposer, s'infléchir les uns les autres.

En ce sens, l'hétérochronie prolonge et radicalise la non-commutativité : ce ne sont plus seulement les opérations qui ne commutent pas, ce sont les temporalités elles-mêmes qui refusent toute unification, ouvrant sur une dramaturgie non-réversible et unique, chaque exécution différant non seulement par ses paramètres d'interprétation, mais aussi par la stabilité même de sa forme, demeurant ouverte.

16.7 Perspectives

Les résultats obtenus appellent naturellement des prolongements que nous envisageons à travers plusieurs projets en cours ou à venir. Ces perspectives s'inscrivent dans la continuité directe de la recherche tout en l'ouvrant vers de nouveaux terrains, qu'ils soient artistiques, technologiques, écologiques ou sociétaux. Chacun de ces projets prolonge un aspect particulier de la thèse, en renforçant le lien entre création musicale, recherche scientifique et applications concrètes.

16.7.1 Beyond Sea Skin : un triptyque intermédiatique à concrétiser

Le projet *Beyond Sea Skin* occupe une place singulière dans nos perspectives, car il constitue en quelque sorte l'aboutissement artistique des réflexions menées pendant la thèse. Conçu dès l'origine comme un triptyque mêlant plusieurs médias (une œuvre orchestrale spatialisée, une installation immersive et une déclinaison en réalité étendue XR), il articule l'ensemble des problématiques abordées : l'espace comme paramètre d'écriture (avec une orchestration spatiale complexe), la logique d'œuvre distribuée (une même œuvre déclinée en concert, en installation et en expérience virtuelle), l'imbrication de strates sonores hétérogènes (sons orchestraux, sons bioacoustiques enregistrés, sons électroniques) et l'ouverture vers des dispositifs de médiation (la version XR pensée pour toucher un public élargi en ligne). En ce sens, *Beyond Sea Skin* synthétise les acquis esthétiques et techniques de la thèse et représente un défi poïétique ambitieux.

Toutefois, la réalisation effective d'un tel projet dépasse les moyens disponibles durant un doctorat. Sa nature intermédiatique et son ampleur exigent une organisation collective et des ressources de production importantes. Par exemple, la partition orchestrale intègre des modules de spatialisation qui requièrent une coordination étroite entre le chef d'orchestre, les musiciens, un régisseur spatial et une équipe technique spécialisée dans la diffusion sonore multiphonique. De même, l'installation immersive nécessite un travail scénographique spécifique (conception d'un espace d'écoute, calibration acoustique fine, intégration d'éléments visuels et interactifs). La composante XR, enfin, suppose du développement logiciel dédié, l'optimisation de flux audio 3D en temps réel, et une réflexion poussée sur l'interface utilisateur pour l'expérience du public. En pratique, ces étapes demandent du temps (prototypage, tests, résidences artistiques, itérations successives) et un soutien logistique lourd (mise à disposition de lieux adaptés, financement de matériel, gestion du réseau et de la latence pour la spatialisation, etc.).

Cette exigence met en lumière un écart entre les ambitions de la recherche-création et le cadre universitaire classique. Dans un doctorat, le compositeur-chercheur est souvent isolé, assumant à lui seul la création, la technique, la production et la recherche théorique. Or, *Beyond Sea Skin* révèle les limites de ce modèle : pour mener à bien une œuvre d'une telle envergure, une équipe est nécessaire, incluant par exemple un attaché de production, un régisseur général, des développeurs informatiques, etc., qui puissent se consacrer à plein temps à l'avancement du projet. Faute de ces relais, la charge pèserait entièrement sur l'artiste-chercheur, au risque de diluer ses efforts. Des lieux de formation et de création comme Le Fresnoy — Studio national des arts contemporains — proposent un modèle alternatif : les artistes-étudiants y conçoivent des œuvres complexes avec l'appui d'équipes techniques et administratives, ce qui les soulage en partie du suivi quotidien qu'exigent des productions ambitieuses, d'autant plus lorsque les budgets sont modestes.

En conséquence, *Beyond Sea Skin* est envisagé comme un projet postdoctoral à déployer en partenariat avec des structures appropriées (orchestres, centres d'art, laboratoires techniques, financeurs publics ou privés). Durant la thèse, nous avons posé les fondations esthétiques, techniques et conceptuelles de l'œuvre : écriture combinée des sons bioacoustiques et de l'orchestre, métaphore dramaturgique de la migration (au cœur de la narration sonore), développement de prototypes pour la spatialisation orchestrale et l'expérience VR, premières collaborations (par exemple avec l'Orchestre de Cannes) et tests techniques. Ces éléments préliminaires confirment la faisabilité et l'intérêt artistique du projet, mais sa concrétisation intégrale nécessite désormais un cadre de production plus structuré. Ce passage de relais n'est pas un échec, au contraire : il illustre comment la recherche-création peut concevoir et expérimenter un concept d'œuvre, puis transmettre le flambeau à des partenaires de production pour le réaliser pleinement. *Beyond Sea Skin* servira ainsi de cas d'école sur la façon d'articuler recherche et production : il met en évidence la nécessité de repenser la place des métiers de la production et la mutualisation des ressources lorsque l'on sort du format de la performance individuelle ou du prototype de laboratoire. En somme, ce projet montre tant les potentialités de la recherche-

création (qui a su imaginer une œuvre inédite) que les défis institutionnels à relever pour lui donner vie.

16.7.2 LIA, Logbook for Interoperable Art

LIA est un projet de recherche-création consacré à la documentation et à la pérennisation des œuvres numériques et multimédias. Il propose un logbook dynamique, un journal de bord automatisé capable d'enregistrer en temps réel les étapes successives d'un processus artistique : fichiers audio et vidéo, patchs, codes sources, métadonnées, mais aussi choix esthétiques et contextes techniques.

LIA répond à une problématique largement partagée : les créations numériques combinent des logiciels, des dispositifs interactifs et des formats variés qui évoluent rapidement. Leur restitution fidèle ou leur réactivation devient complexe, parfois impossible, dès que les outils initiaux disparaissent ou sont obsolètes. L'objectif est donc de dépasser la simple capture d'un état final pour permettre la reconstitution ou la reprise intégrale d'une œuvre.

Le projet repose sur l'utilisation de formats ouverts (OSC, JSON) et de protocoles de gestion de versions afin de garantir l'interopérabilité et la circulation des données dans différents environnements techniques. Ces choix facilitent la collaboration, la mutualisation des ressources, et la réinterprétation des œuvres dans le temps long.

Une des spécificités de LIA est l'intégration de méthodes d'analyse non supervisées, issues de la bioacoustique, notamment le sparse coding. Cette approche permet de révéler automatiquement des structures internes dans des corpus hétérogènes, sans annotation manuelle ni catégories préétablies, en rendant lisibles les micro-variations et les singularités des processus créatifs.

Le logbook n'est pas seulement un outil d'archivage : il offre une cartographie dynamique des gestes, itérations et bifurcations qui jalonnent la conception d'une œuvre. Cette traçabilité ouvre un champ d'étude pour la musicologie, les humanités numériques, et les théories de la création, tout en fournissant des ressources pédagogiques pour l'enseignement de la composition et des arts numériques.

Pensé pour la création contemporaine, LIA s'adresse à un large spectre de pratiques : arts sonores, installations interactives, théâtre immersif, expositions muséales, ou encore projets associant art et science. Il propose une méthodologie transférable permettant d'archiver, d'analyser et de transmettre des projets complexes tout en respectant leur dimension vivante et évolutive.

En reliant recherche musicologique, ingénierie logicielle et innovation artistique, LIA vise à articuler création, mémoire et transmission. Il offre ainsi un cadre robuste pour l'archivage collaboratif, la diffusion scientifique, et la conservation des patrimoines numériques, tout en soutenant de nouvelles formes de recherche-création et d'expérimentation esthétique.

16.7.3 Écoutes en mouvement, le son immersif au service du soin

Écoutes en mouvement propose une création sonore générative et interactive destinée à des contextes de soin, en particulier auprès de personnes présentant des troubles neurocognitifs et de leurs aidants. Le projet associe composition électroacoustique, spatialisation avancée et interaction en temps réel.

Au cœur du dispositif, le *parapluie immersif* fonctionne comme un espace d'écoute tridimensionnel portable. Sa diffusion multicanale permet une localisation réelle des sources et une modulation fine des trajectoires sonores, ouvrant la possibilité d'une écoute corporelle et mobile, distincte de l'expérience au casque.

La musique générative déployée repose sur des algorithmes de mixage et de spatialisation adaptatifs. Les auditeurs activent et transforment les textures, rythmes et densités sonores par des gestes simples, produisant une œuvre toujours en recomposition. L'écoute devient un acte créatif qui relie perception, mémoire et imagination.

Les matériaux sonores — ambiances naturelles, présences vocales, trames instrumentales — sont traités comme un réservoir vivant. Leur mise en mouvement fait émerger des continuités et des contrastes qui sollicitent l'attention et favorisent des états de concentration, de détente ou de jeu.

Ce travail s'inscrit dans une recherche-création où la composition intègre les apports de la musicologie, des sciences cognitives et de l'ingénierie interactive. Il documente les liens entre pratique musicale, stimulation cognitive et bien-être, tout en explorant les conditions d'émergence d'une forme artistique ouverte.

La résidence se déploiera par phases : élaboration des matériaux, co-création avec les participants, analyse des parcours d'écoute, diffusion sous forme de concerts immersifs et d'une version web. IMAdapt et XR2C2 accompagnent le projet sur les plans scientifique et technique.

L'enjeu n'est pas de fournir un divertissement sonore mais de proposer une expérience esthétique autonome, capable de soutenir la mémoire affective, de susciter des initiatives et de renouveler les modes de présence à soi et aux autres dans un cadre de soin.

16.7.4 IMBIOP, Interactions Musicales et Bioacoustiques des Paysages Terrestres et Marins

IMBIOP se présente comme un projet de recherche-création art/science ancré dans le littoral varois, dédié à l'étude et à la mise en forme des interactions musicales et bioacoustiques entre milieux terrestres et marins. Il articule bioacoustique, intelligence artificielle frugale et composition spatialisée pour explorer la diversité rythmique du vivant et ses liens avec les cycles lumineux, météorologiques et anthropiques.

L'approche artistique constitue le cœur du dispositif. La collecte de sons, menée avec des réseaux de capteurs terrestres et sous-marins synchronisés, nourrit un travail de composition qui

dépasse la simple reproduction de l'environnement. Les enregistrements sont traités comme un matériau vivant, sujet à transformation et à recomposition. La spatialisation devient un paramètre d'écriture : les déplacements des sources, la densité de l'espace sonore et les hétérochronies entre espèces et milieux sont intégrés à la dramaturgie de l'œuvre.

Des installations multicanales immersives sont envisagées. Elles proposeront des compositions génératives où se mêlent captations in situ, traitements en temps réel et reconfigurations sonores, rendant sensibles les relations entre rythmes biologiques, cycles lumineux et activités humaines. Ces créations ne visent pas une représentation mimétique, mais une expérience perceptive capable de traduire les temporalités écologiques dans un langage musical.

L'écriture s'appuie sur des principes d'hybridation entre composition électroacoustique, cartographie sonore et modélisation dynamique. La restitution publique prendra la forme d'espaces d'écoute en mouvement, de concerts commentés et de projections interactives, permettant aux auditeurs de circuler entre observation scientifique et immersion artistique. IMBIOP sera un laboratoire pour expérimenter une poétique de l'écoute, où la création sonore s'inscrit dans une écologie de la perception et participe à une réflexion sur les modes de cohabitation entre humains et non-humains.

16.8 Conclusion générale

En guise de conclusion générale, ces perspectives témoignent de la vitalité et de la diversité des prolongements possibles de la thèse. Chacune à sa manière réinvestit les acquis de la recherche : *Beyond Sea Skin* approfondit la dimension intermédiatique et pose la question du cadre de production, LIA développe un outil pour la transmission des connaissances créatives, *Écoutes en mouvement* applique la recherche-création à un enjeu sociétal concret, et IMBIOP inscrit la musique dans un dialogue direct avec les sciences du vivant et les territoires. Ensemble, ils démontrent que la création musicale — lorsqu'elle est pensée dans le cadre élargi de la recherche-création — est un processus ouvert, distribué et pluriel. L'espace, la temporalité et la fragmentation, loin d'être des paramètres secondaires, y apparaissent comme des opérateurs centraux de l'écriture et de la signification. En assumant cette pluralité et en la portant sur des terrains variés, la recherche-création propose une voie nouvelle pour articuler la production artistique, le savoir situé (ancré dans des contextes concrets) et la transformation de nos environnements sociaux, technologiques et écologiques. Ces travaux futurs porteront ainsi l'ambition de poursuivre l'alliance du savoir musical du créateur, de l'analyse musicologique, et des cadres conceptuels de l'esthétique et des sciences, confirmant que l'acte de créer peut également être un acte de connaissance et d'engagement dans le monde.

16.8.1 Vers une écologie du geste et de l'écoute

Le cheminement de cette thèse a développé une interrogation sur la spatialisation comme manière de créer, de percevoir et d'habiter le monde avec le sonore. L'espace, affirmé comme paramètre d'écriture, est devenu le lieu d'une poétique de la relation : relation entre l'opératoire

et le perceptif, entre la technique et la mémoire, entre l'humain et le non-humain. La finalité de cette « écriture de l'espace » n'est donc pas de maîtriser un paramètre supplémentaire, mais de cultiver une écologie du geste et de l'écoute — une pratique créatrice attentive, responsable et consciente des interdépendances complexes qui nous relient aux mondes technologiques, sociaux et vivants.

Sur un plan plus théorique, cette recherche-création ouvre la voie à un programme de recherche à long terme. Il s'agira d'approfondir la réflexion sur la « synthèse symbiotique » et l'« écoute symbiotique », en les articulant aux débats des humanités environnementales, du posthumanisme et des sound studies. L'enjeu est de développer une pratique artistique critique capable de résister aux formes de « prolétarisation sensorielle » analysées par Bernard Stiegler[693], en inventant des dispositifs qui entretiennent et renouvellent une écologie de l'attention soucieuse de l'organicité du vivant, de ses relations et de ses équilibres interespèces.

Cette perspective met en dialogue deux régimes de pensée souvent tenus pour disjoints : l'écologie du milieu technique et de l'esprit, où toute individuation passe par les artefacts, telle que la conçoit Stiegler, et une conception des continuités entre humains et non-humains qui, dans la lignée de Philippe Descola[694], décentre l'humain pour restituer la pluralité des mondes habités. La recherche-création, par sa capacité à relier théorie et pratique, devient le terrain où ces approches peuvent se croiser sans se réduire l'une et l'autre, en faisant de leurs tensions un moteur d'invention.

Dans ce prolongement, se dessine l'horizon d'une conscience universelle qui associe les singularités humaines et non-humaines dans une responsabilité commune envers le vivant et la paix. Cette conscience suppose le respect des droits fondamentaux, la reconnaissance de l'égalité entre les peuples et la préservation des patrimoines naturels et culturels, afin que la création participe à un projet collectif de coexistence durable[695].

En définitive, la trajectoire de recherche réalisée conduit à envisager une pratique artistique où l'acte de composer l'espace est inséparable d'un geste éthique : prendre soin du monde, de ses mémoires fragiles, de ses milieux sonores et de leurs habitants, humains et non-humains.

---

[693] STIEGLER, Bernard. *Dans la disruption. Comment ne pas devenir fou*, Paris, Les Liens qui libèrent, 2016, chap. 3 « Radicalisation et soumission ».

[694] DESCOLA, Philippe. *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, 2005.

[695] ORGANISATION DES NATIONS UNIES, *Charte des Nations unies*, San Francisco, 1945 ; ORGANISATION DES NATIONS UNIES, *Déclaration universelle des droits de l'homme*, Paris, 1948 ; UNESCO, *Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel*, Paris, 2003.

17 Bibliographie

1. Écrits sur l'écriture spatiale en musique

BARRETT, N. and JENSENIUS A. « The 'Virtualmonium': an instrument for classical sound diffusion over a virtual loudspeaker orchestra », Brisbane, Australia, 1 juin 2016.

BARRETT, Natasha, « Composition and the 'Live Electroacoustic': sound, time, control and ensemble », https://www.natashabarrett.org/live.html (consulté le 11 août 2025)

BATES. Enda, *Spatial Music*, thèse de doctorat, Trinity College Dublin, 2009, http://www.endabates.net/SpatialMusic.html (Consulté le 8 septembre 2025)

BRANT, Henri. « Spatial music progress report », 1978, https://henrybrant.com/wp-content/uploads/2015/06/SPATIAL_MUSIC_PROGRESS_REPORT.pdf (consulté le 22 aout 2025)

BRANT, Henry. « The Uses of Antiphonal Distribution and Polyphony of Tempi in Composing », *American Composer's Alliance Bulletin,* vol 4, no 3, 1955, p .13–15.

Henry Brant, « Space as an Essential Aspect of Musical Composition » (1967), *in Contemporary Composers on Contemporary Music, Expanded Edition*, ed. Elliott Schwartz and Barney Childs, New York : Da Capo Press, 1998, 510 p., p. 220–42

CHOWNING, John. «The Simulation of Sound Moving Sources ». *Journal of the Acoustical Society of America*, 1971, p. 2-6 re-imprimé dans le Computer Music Journal, Vol. 1, No. 3. 1977, p. 48-52.

CLOZIER Christian, « Composition-diffusion/interprétation en musique électroacoustique », Académie Actes III, sous la direction de Françoise Barrière et Gérald Bennett, *Composition-diffusion/interprétation en musique électroacoustique*, Bourges : Mnemosyne, 1997, p.363, p. 52-101

DENEU, Manuel. *Quels nouveaux paradigmes pour l'écriture de l'espace sonore ?* Mémoire de fin d'études, École Nationale Supérieure Louis-Lumière, 2013, https://www.ens-louis-lumiere.fr/wp-content/uploads/2024/02/ENSLL_SON_DENEU_2013.pdf (consulté le 20 juillet 2025)

DHOMONT, Francis. La projection acousmatique, p. 16-18, in Dhomont Francis, direction L'espace du son I et II 1988-1998 https://www.musiques-recherches.be/fr/publication/20-lien-l-espace-du-son-ii (consulté le 16 juillet 2025)

DO, Hana. *L'immersion sonore : analyse du phénomène et réalisation compositionnelle,* Thèse de doctorat, Paris, Sorbonne, 2024, https://theses.fr/2024SORUL030 (Consulté le 8 septembre 2025)

FARIJI, Anis. « La spatialisation musicale ». In *Fragments accordés*. Marseille : Diacritiques Éditions, 2023. https://doi.org/10.4000/books.diacritiques.7453

GOLDMAN, Jonathan. « Listening to Doubles in Stereo », in *Pierre Boulez Studies*, éd. Edward Campbell et Peter O'Hagan, Cambridge, Cambridge University Press, coll. « Cambridge Composer Studies », 2016, p. 246-269

GOUTMANN, Paul. « Traitement spatial du son par décorrélation des signaux en ambisonie d'ordre élevé » *Journées d'Informatique Musicale*, Visioconférences, France, 2021, hal— 03313616

GRISON, Laurent. « Espace et musique : Répons de Boulez », In *L'Espace géographique,* n. 29/1 (2000), p. 87-89

HARLEY, Maria Anna. *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations*. Thèse de doctorat, McGill University, 1994. https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/ww72bg17g (consulté le 16 juillet 2025).

HARRISON, Jonty. « Sound, space, sculpture: some thoughts on the 'what', 'how' and 'why' of sound diffusion ». Organised Sound 3, n° 2 (Août 1998) : 117–127.

KÜPPER, Léo, *Musique et technologie. Tome 1 : Aventures sonores et musicales (de 1960 à 2013)*, Paris : Édilivre, 2015.

KÜPPER, Léo. « L'analyse de paramètre spatial Des mesures psycho-acoustiques aux coupoles sonores », in *Actes III* des travaux 1997 de l'Académie Internationale de Musique Electroacoustique/Bourges, Edition Mnemosyne, 1997 p. 109-134.

MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. « Les invariants variables de l'espace sonore », dans *Pour d'autres espèces d'espaces : penser, produire, pratiquer l'espace en arts numériques*, sous la direction de Claire Chatelet, Paris, Hermann, 2025.

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory en pratique live »*, Journées d'Informatique Musicales*, MSH Paris Nord, May 2023, Saint-Denis, France. ⟨hal— 04950064⟩

MERLIER, Bertrand. Vocabulaire De L'espace Et De La Spatialisation Des Musiques Électroacoustiques : Présentation, Problématique Et Taxinomie De L'espace, EMS : Electroacoustic Music Studies Network – Beijing 2006, Oct 2006, Pékin, Chine. p.247. ⟨halshs— 00521322⟩

NORMANDEAU, Robert. « La spatialisation timbrale ou le medium, c'est l'espace », Journées d'Informatique Musicale, 2012, Mons, Belgique. hal— 03041744

NORMANDEAU, Robert. « The Visitors and the Residents ». *Musica/Tecnologia*, vol. 4, no. 4, Dec. 2010, p. 59-62, doi:10.13128/Music_Tec-9108

NORMANDEAU, Robert. et al. « Spat-GRIS/ServerGRIS,Creative tools for 2D and 3d sound spatialization », Proceedings of the 2018 international computer music conference. Daegu, Korea : The International Computer Music Association, 2018, p. 291-297. https://gris.musique.umontreal.ca/fr/

NORMANDEAU, Robert. *Un cinéma pour l'oreille*. Thèse de doctorat, Université de Montréal, 1992 https://www.academia.edu/13207362/Un_cin%C3%A9ma_pour_loreille (Consulté le 16 juillet 2025)

OTTAVI, Julien. *Les nouvelles formes de pratique sonore en réseau : pratique collaborative, création partagée, Internet comme non-espace, écoute prolongée et installation permanente*. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, 2018. https://theses.fr/2018LORR0266. (Consulté le 8 septembre 2025)

POTTIER, Laurent. « Dynamical spatialization of sound. HoloPhon : a graphic and algorithmic editor for Sigma1 », Proc. of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx), Barcelona, Spain, 1998

PRAGER, Jonathan. *L'interprétation acousmatique, fondements artistiques et techniques de l'interprétation des œuvres acousmatiques en concert*, INA-GRM, 2002-2014, https://ina-grm.com/var/inagrm/storage/original/application/8df310919839c4dec33cd836850031b4.pdf (Consulté le 16 juillet 2025)

RISSET, Jean-Claude, ARFIB, Daniel, DE SOUSA DIAS, António, LORRAIN, Denis, POTTIER, Laurent. « De Inharmonique à Resonant Sound Spaces : temps réel et mise en espace », Journées d'Informatique Musicale, May 2002, Marseille, France. ⟨hal-02982725⟩

RISSET, Jean-Claude, and VAN DUYNE, Scott. « Real-Time Performance Interaction with a Computer-Controlled Acoustic Piano. » *Computer Music Journal* 20, no. 1 (1996): 62–75. https://doi.org/10.2307/3681273.

SOLOMOS, Makis. « Notes sur la spatialisation de la musique et l'émergence du son », dans *Le son et l'espace*, sous la direction de Hugues Genevois et Yann Orlarey, Lyon, Aléas, 1998, p. 105-125. ⟨hal— 01789869⟩

STOCKHAUSEN, Karlheinz. « Musique dans l'espace ». *Revue belge de Musicologie* vol 13, no 1, 1959, p. 76-82. https://doi.org/10.2307/3685956.

STOCKHAUSEN, Karlheinz. Texte zur Musik. 7 vols. Cologne : DuMont Schauberg, 1963–1989 ; Kürten : Stockhausen-Verlag, 1998.

2. Techniques, technologies et outils pour la composition et la spatialisation

AGON, Carlos. *OpenMusic : Un langage visuel pour la composition musicale assistée par ordinateur*, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6), Paris, France, 1998.

AHO, A., HOPCROFT, J., ULLMAN, J., *Data Structures and Algorithms*, Reading (MA), Addison-Wesley, 1983.

ASSAYAG, G., BLOCH, G., CHEMILLIER, M. « Improvisation et réinjection stylistiques. Le feedback dans la création musicale contemporaine » *Rencontres musicales pluri-disciplinaires*, 2006 ⟨hal-01161350⟩

ASSAYAG, Gérard. « CAO : vers la partition potentielle », *Cahiers de l'Ircam n° 3, Recherche musicale : La composition assistée par ordinateur*, Ircam — Centre Georges Pompidou, 1993 ⟨hal-01161191⟩

BERKHOUT, A. J. « A Holographic Approach to Acoustic Control », *Journal of the Audio Engineering Society,* vol. 36, no. 12, 1988, p. 977 — 995.

BOAZ, Rafaely. *Fundamentals of Spherical Array Processing*. Springer.1re éd. (2015) doi 10.1007/978-3-662-45664-4 ; nouvelle éd. (2019) DOI 10.1007/978-3-319-99561-8.

BONARDI, Alain. La librairie abclib : un ensemble de codes Faust rassemblant 20 ans de recherche, enseignement et création en musique mixte. Journées d'Informatique Musicale 2021, AFIM, Jul 2021, Visioconférences, France. ⟨hal-03313611⟩

CARPENTIER, Thibault, « ToscA : An OSC Communication Plugin for Object-Oriented Spatialization Authoring », Proc. of the 41st International Computer Music Conference (ICMC), p.368 – 371, Denton, TX, USA, Sept.2015.

CARPENTIER, Thibaut. « Orchestrating a software ecosystem for the creation, manipulation, and distribution of spatial audio ». Thèse de doctorat, Sorbonne université, 2024, https://theses.fr/2024SORUS632

CLAPP, Doug. « Virtual Memory in System 7 », *MacTech Journal*, vol. 7, n° 3, 1991.

CONT, Arshia. « ANTESCOFO: Anticipatory Synchronization and Control of Interactive Parameters in Computer Music », *International Computer Music Conference (ICMC)*, Aug 2008, Belfast, Ireland. p. 33-40. ⟨hal-00694803⟩

CONT, Arshia. « Interaction musicale en temps réel entre musicien et ordinateur », interstice.info, 2011, https://interstices.info/interaction-musicale-en-temps-reel-entre-musiciens-et-ordinateur/ (consulté le 16 juillet 2025)

DELSARTE, P., GOETHALS, J. M., and SEIDEL, J. J. "Spherical codes and designs", 1977.

FINEBERG Joshua, MURAIL Tristan, CURTIS Road, Manual of Esquisses, Forum Ircam, 1994, https://support.ircam.fr/docs/om-libraries/old/PW-Esquisse.pdf (consulté le 22 aout 2025)

FOOTE, J. « Visualizing Music and Audio using Self-Similarity », *ACM Multimedia,* 1999, p. 77–80.

GERZON, Michael A., « The design of precisely coincident microphone arrays for stereo and surround sound », prepr. L—20 of *50 th Audio Eng. Soc. Conv*. 1975

GERZON, Michael A. « Periphony: With-Height Sound Reproduction », *Journal of the Audio Engineering Society* 21, no. 1, 1973, p. 2–10.

GOODFELLOW, Ian, BENGIO, Yoshua, et COURVILLE, Aaron. *Deep Learning*. MIT Press, 2016.

GUIBAS, Leonidas & STOLFI, Jorge. « Primitives for the manipulation of general subdivisions and the computation of Voronoi diagrams ». *ACM Transactions on Graphics* , vol. 4, no. 2, p. 74-123, 1985, https://doi.org/10.1145/282918.282923

GUILLOT, Pierre. « About the obsolescence of AudioSculpt », forum IRCAM. https://discussion.forum.ircam.fr/t/about-the-obsolescence-of-audiosculpt/30739 (consulté le 10 septembre 2025)

GWEE, Nigel., *Complexity and Heuristics in Rule-Based Algorithmic Music Composition*, PhD Thesis, Louisiana State University, 2002.

HALLER, Hans Peter. *Das Experimentalstudio der Heinrich-Strobel-Stiftung des Südwestfunks Freiburg 1971–1989*, Baden-Baden : Nomos Verlagsgesellschaft, 1995, t. 1 et 2.

HALLER, Hans Peter. « Analog oder digital – Fragen nach einer neuen Musikästhetik », 2003, https://web.archive.org/web/20240221104208/https://www.hp-haller.homepage.t-online.de/analog%20oder%20digital.html#expand (consulter le 20 juillet 2025)

HARKER, Alexander. and TREMBLAY, Pierre. « The HISSTools Impulse Response Toolbox: Convolution for the Masses », *ICMC*, 2012

HERTZFELD, Andy. *Revolution in the Valley: The Insanely Great Story of How the Mac Was Made*, O'Reilly, 2004, chap. 24,

HERVÉ, Jean-Luc, GIUGLARIS, Camille. « système PrÉ (Présence Électroacoustique) » https://www.tripinlab.com/pre/ (consulté le 2 septembre)

HUGHES, D. R. « On t-designs. Report AFOSR 2461 », Department of Mathematics, University of Illinois. 1962

JACQUEMIN Guillaume, CODUYS Thierry, RANC Matthieu. « IANNIX 0.8 », *Journées d'Informatique Musicale*, 2012, Mons, France. ⟨hal-03041777⟩

KEANE David, *Tape music composition*, ed. Oxford university press, 1980

KENDALL, G. S. « The Decorrelation of Audio Signals and Its Impact on Spatial Imagery », *Computer Music Journal*, Vol. 19, No. 4,1995.

KLEE, Paul. *Notebooks Volume2 The nature of nature*, édité par Jurg Spillerp, ed George Wittenborn, 1970, p. 144

KLATZKY, R.L. « Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections ». In: Freksa, C., Habel, C., Wender, K.F. (eds) *Spatial Cognition. Lecture Notes in Computer Science*, vol 1404. Springer, Berlin, Heidelberg, 1998. https://doi.org/10.1007/3-540-69342-4_1

LINDEMANN, E., STARKIER, M., and DECHELLE, F. « The Architecture of the IRCAM Music Workstation. », *Computer Music Journal* 15(3), 1991, p. 41-49

MALT, Mikhail, et BABONI SCHILINGI, Jacopo. *« Manual of Profile, Library for the Control of Melodic Profiles, second edition »,* Forum Ircam*,* 1998. https://support.ircam.fr/docs/om-libraries/old/Profile-2.0-Doc.pdf (consulté le 22 aout 2025)

MALT, Mikhail, et BABONI SCHILINGI, Jacopo. « Profile libreria per il controllo del profilo melodico », *Colloquio di Informatica Musicale (XI CIM),* Nov 1995, Bologne, Italy. p.237-238. ⟨hal-01580309⟩

McCormack, L. and Politis, A. 2019. « SPARTA & COMPASS: Real-time implementations of linear and parametric spatial audio reproduction and processing methods. », *Audio Engineering Society Conference*, 2019, https://github.com/leomccormack/SPARTA/blob/master/docs/McCormackPolitis2019SpartaCompass.pdf (consulté le 22 aout 2025)

KEETER, Matt, « Voronoï sur GPU », https://www.mattkeeter.com/projects/swingline/, (consulté le 9 août 2025).

PACHET, François. « The Continuator: Musical Interaction with Style », *Journal of New Music Research*, vol. 32, n° 3, 2003, p. 333-341.

PINARDI, D. "Spherical t-Design for Characterizing the Spatial Response of Microphone Arrays". 2021 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA). 2021

POTTIER, Laurent. *Le contrôle de la synthèse sonore informatique — Cas particulier : l'utilisation du programme PatchWork*. Phdthesis, EHESS — Paris, 2001. https://hal.science/tel-03793758 (consulté le 20 août 2025)

POULLIN, Jacques. « Son et espace », Revue Musicale n° 236, Paris : Richard-Masse, 1957, p.112.

PUCKETTE, Miller, « New Public-Domain Realizations of Standard Pieces for Instruments and Live Electronics. » *Proceedings of the International Computer Music Conference*, Miami, 2004

PUCKETTE, Miller. « The patcher », Proceedings of the 1988 International Computer Music, 1988

PULKKI, Ville. « Virtual Sound Source Positioning Using Vector Base Amplitude Panning », *Journal of the Audio Engineering Society*, juin 1997, Vol. 45/6, p. 456.

RABINI, G., ALTOBELLI, E., & PAVANI, F. « Interactions between egocentric and allocentric spatial coding of sounds revealed by a multisensory learning paradigm », *Scientific Reports no. 9*, 7892. 2019, https://doi.org/10.1038/s41598-019-44267-3

SCHACHER, Jan and KOCHER Philippe « Ambisonics Spatialization Tools for Max/MSP » In *Proceedings of the International Computer Music Conference*. New Orleans, LA, June 2006.

SÈDES, Anne. « Approche musicale de la décorrélation microtemporelle dans la bibliothèque HOA », *JIM* 2015, Montréal, Canada.

SÈDES, Anne., GUILLOT, Pierre., PARIS, Elliot. « The HOA library, review and prospects », Proceedings *ICMC/SMC*, Athènes, Grèce, 2014

SERRA, Marie-Hélène. « Stochastic Composition and Stochastic Timbre: GENDY3 by Iannis Xenakis », *Perspectives of New Music,* vol. 31, no. 1, 1993, p. 236–57. https://doi.org/10.2307/833052

SETTEL, Z. and LIPPE, C. « Real-time Timbral Transformation: FFT-based Resynthesis », *Contemporary Music Review*, Harwood Academic Publishers, 1994.

TORCHIA, Ryan H. et LIPPE, Cort. « Techniques for Multi-Channel Real-Time Spatial Distribution Using Frequency-Domain Processing », In *New Interfaces for Musical Expression*, NIME-04, Proceedings, Hamamatsu, Japan, June 3–5, 2004, édité par Yoichi Nagashima et Michael J. Lyons, 116–19. Hamamatsu : Shizuoka University of Art and Culture, 2004. https://doi.org/10.5281/zenodo.1176679

TROND, Lossius., BALTAZAR, Pascal. and HOGUE, Thierry. « DBAP–distance-based amplitude panning. » *ICMC*, 2009

WEBSTER, C. and al. « Vers un acousmonium en immersion VR en ambisonie 3D et binaural ». *Journées d'informatique musicale,* Oct 2020, Strasbourg, France. hal-02977660

WRIGHT, M. et FREED, A. « Open Sound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers » Proceedings of the International Computer Music Conference 1997, Thessaloniki, Hellas, p. 101-104.

WRIGHTSON Kendall, « The Max Factor, Opcode Max Software, Sound On Sound » - Jul 1991 https://www.muzines.co.uk/articles/the-max-factor/7459 (consulté le 15 aout 2015)

ZANNI, Adrien. *Création d'outils d'écritures de l'espace sonore pour l'interface d'un spatialisateur*, Thèse de doctorat, Paris XVIII, 2024

ZANNI, Adrien. *De la relation entre Acoustique et Composition « Espaces d'errances »*, Mémoire de fin d'études, https://www.ens-louis-lumiere.fr/la-recherche/memoires-et-travaux-de-fin-detudes/de-la-relation-entre-acoustique-et-composition-espaces-derrances/ (consulté le 27 juillet 2025)

ZICARELLI David. « How I Learned to Love a Program That Does Nothing ». Computer Music Journal, vol. 26, n° 4, 2002, p. 44-51. DOI : 10.1162/014892602320991365.

3. Musicologie

Divers

BONARDI Alain, BARTHÉLEMY Jérôme, « Le patch comme document numérique : support de création et de constitution de connaissances pour les arts de la performance », *CIDE 10*, Nancy, 2007, p. 163-174, https://hal.science/hal-01161067 (consulté le 16 août 2025).

COOK, Nicholas. *Beyond the Score: Music as Performance*, Oxford University Press, 2014, 480 p.

COSSETTINI, Luca. 2021. « The Quest for Myriad Strains », *De Musica*, vol. 25, no 1, 2021. https://doi.org/10.54103/2465-0137/16865

GOHON, Kevin. « Chapitre IV. Espaces multiples du discours » dans *Penser le discours musical électroacoustique,* Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2022, https://doi.org/10.4000/books.pur.181807.

GRANT, M. J., *Serial Music, Serial Aesthetics : Compositional Theory in Post-war Europe*. Cambridge University Press (Music in the Twentieth Century), 2001. 284 p.

JOHNSON, Julian. 2002. *Who Needs Classical Music? Cultural Choice and Musical Value*. Oxford : Oxford University Press.

LALIBERTÉ, Martin. « Préalables à une réflexion sur le temps musical et ses liens avec la physique contemporaine », *Filigrane* [Online], 10 | 2009, DOI : https://doi.org/10.4000/12i4d

LANGLOIS, Philippe. *Les Cloches d'Atlantis. Musique électroacoustique et cinéma. Archéologie et histoire d'un art sonore*, Paris, Éditions MF, « Répercussions », 2012, 487 p.

LARRIEU, Maxence. « A Consideration of the Code of Computer Music as Writing, and Some Thinking on Analytical Theories », *Organised Sound*, 2019, 24 (3), p. 319-328. ⟨10.1017/S1355771819000384⟩. ⟨hal-02386818⟩

NETTL, Bruno. *The Study of Ethnomusicology : Thirty-One Issues and Concepts*. Urbana : University of Illinois Press, 1983, 410 p.

PINCH, Trevor, et TROCCO, Frank. *Analog Days : The Invention and Impact of the Moog Synthesizer. Cambridge* : Harvard University Press, 2002, 368 p.

SMALLEY, Denis. « Space-Form and the Acousmatic Image. » *Organised Sound*, vol. 12, no. 1, 2007, p. 35–58. https://doi.org/10.1017/S1355771807001665

SMALLEY, Denis. « Spectro-morphology and Structuring Processes », in *The Language of Electroacoustic Music*, éd. S. Emmerson, London, Macmillan, 1986

SMALLEY, Denis. « Spectromorphology: Explaining Sound-Shapes », *Organised Sound*, vol.2, no.2, 1997, p. 107-126, https://doi.org/10.1017/S1355771897009059

SOLOMOS, Makis. *De la musique au son. L'émergence du son dans la musique des XXe-XXIe siècles*, coll Aesthetica, Presses universitaire de Rennes, 2013, 548 p.

THORESEN, Lasse & Hedman, Andreas. « Spectromorphological Analysis of Sound Objects: An adaptation of Pierre Schaeffer's Typomorphology », *Organised Sound*, vol. 12, no. 2, 2007, p. 129-141, https://doi.org/10.1017/S1355771807001793

TIFFON, Vincent. « L'image sonore contemporaine : entre misère symbolique et imaginaire sonore », *Apparence(s),* no 1, 2007 https://journals.openedition.org/apparences/73 (consulté le 22 aout 2025)

VANDE GORNE, Annette. « Une histoire de la musique électroacoustique », in *Esthétique des arts médiatiques,* Presses de l'Université du Québec, Montréal, 1995, http://audio-labo.free.fr/revue1999/content/asr3_07.html (consulté le 16 juillet 2025)

Analyse et écrits à propos de compositeurs

ADILOĞLU, K., TANIR, G. A., « Similarity Neighbourhood Model applied to Xenakis' Keren », in *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC)*, Copenhague, 2007.

ANDERSON, Virginia. « Henry Brant : Experimental composer who scored for instruments ranging from massed trombones to kitchenware. » *The Independent*, 9 mai 2008. https://www.independent.co.uk/news/obituaries/henry-brant-experimental-composer-who-scored-for-instruments-ranging-from-massed-trombones-to-kitchenware-819669.html (consulté le 16 juillet 2025).

ARBO, Alessandro, *Le corps électrique, Voyage dans le son de Fausto Romitelli*, l'Harmattan, 2005, 198 p.

BAZZOLI, François. et al. « Jean-Claude Risset ». *La pensée de midi*, 2000/2 N° 2, 2000. p. 66-73. CAIRN.INFO, shs.cairn.info/revue-la-pensee-de-midi-2000-2-page-66?lang=fr.

BORN, Georgina. *Rationalizing Culture : IRCAM, Boulez, and the Institutionalization of the Musical Avant-Garde*. Berkeley : University of California Press, 1995, 424 p.

BOUHALASSA, Ned, « Entretien avec Robert Normandeau », eContact!, 1999 https://cec.sonus.ca/Takes/bouhalassa_normandeau.html (consulté le 16 juillet 2025)

BRECH, Martha. *Der komponierte Raum: Luigi Nonos Prometeo, tragedia dell'ascolto*, Germany: Musik und Klangkultur, 2020. https://doi.org/10.14361/9783839452936

CASTILLO TRIGUEROS, Francisco. « An Interview with Marco Stroppa, Composer's Notebook », 2013, https://franciscocastillotrigueros.com/s/Interview-with-Marco-Stroppa-Modern.pdf (consulté le 16 juillet 2025)

CHION, Michel et REIBEL, Guy. *Les musique électroacoustiques*, INA-GRM édisud, 1976, 339 p.

CHION, Michel. *La musique électroacoustique*, Paris : Que sais-je ? 1982

DECROUPET, Pascal, UNGEHEUER Elena, and KOHL, Jerome. « Through the Sensory Looking-Glass: The Aesthetic and Serial Foundations of Gesang Der Jünglinge. » in *Perspectives of New Music 36*, no. 1 (1998): 97–142. https://doi.org/10.2307/833578.

DECROUPET, Pascal. « Le son kaléidoscopé : la révélation audible du son incurvé dans *Professor Bad Trip* Lesson I de Fausto Romitelli ». *Dissonance*, no 143, 2018, p. 15-23. https://dissonance.musinfo.ch/upload/pdf/143_15_hb_dec_romitelli.pdf (consulté le 22 aout 2025)

DELIÈGE Célestin, BOULEZ Pierre, *Par volonté et par hasard*, édition Seuil. 1975, 159 p.

DUFFIE, Bruce, Spatial Music Composer Henry Brant, page internet : https://www.bruceduffie.com/brant.html#:~:text=Brant%3A%C2%A0%C2%A0%20First%2C%20let%20me%20mention,it%E2%80%99s%20the%20difference%20between%20organically (consulté le 17 juillet 2025)

EMMERSON, Simon (éd.). *Living Electronic Music*. Aldershot : Ashgate, 2007, 220 p.

IDDON, Martin. *New Music at Darmstadt: Nono, Stockhausen, Cage, and Boulez. of Music since 1900*. Cambridge : Cambridge University Press, 2013. 329 p. https://doi.org/10.1017/CBO9781139519571

ISBISTER, Lori. « Robert Normandeau : immersion dans une carrière en composition », Quartier Libre, 9 décembre 2022. https://quartierlibre.ca/robert-normandeau-immersion-dans-une-carriere-en-composition/ et https://electrocd.com/fr/presse/7195-robert-normandeau-immersion-dans-une-carriere-en-composition

JAFFE, D. A. « In Memoriam, Henry Brant ». April 29, 2008. https://www.davidajaffe.com/writings/in-memoriam-henry-brant.html (consulté le 22 aout 2025)

LOURENÇO, Sofia. « Jean Claude Risset's *Duet for one pianist*: challenges of a real-time performance interaction with a computer-controlled acoustic piano 16 years later. » *Journal of Science and Technology of the Arts*, vol 6, no 2, 2014, p. 31–36. https://doi.org/10.7559/citarj.v6i2.115

MAGALHÃES, Michelle Agnes. « O estilo tardio de Luigi Nono ». Thesis, Universidade de São Paulo, 2010. https://doi.org/10.11606/T.27.2010.tde-04112010-151812

MANFRIN, Luigi. *Fausto Romitelli / Professor Bad Trip*, Genève, Contrechamps, 2024, 283 p.

MATOSSIAN, Nouritza. *Iannis Xenakis*, Paris, Fayard, 1981, 325p.

MCGLYNN, Declan. « How I Play Live: Nils Frahm », 2021. https://djmag.com/longreads/how-i-play-live-nils-frahm (consulté le 24 août 2025)

NAMOU, Chrysi, *Duet for One Pianist*, 2016, https://chrysinanou.net/portfolio/duet-for-one-pianist/ (consulté le 16 août 2025).

NANOU Chrysi., Hamilton, Robert. « For Jean-Claude : [re]Presenting Duet for One Pianist » dans *Proceedings of the International Computer Music Association Conference*, Montreal, Canada, 2009.

MOROZ, Nicholas. « Hacking the Hallucinatory: Investigating Fausto Romitelli's Compositional Process through Sketch Studies of "Professor Bad Trip : Lesson I" ». Archival Notes, no 5, 2020, p. 59-84, https://onlinepublishing.cini.it/index.php/arno/article/view/171 (consulté le 22 aout 2022)

NORTON, Nick. Site internet d'Henry Brant, 2018, https://henrybrant.com (consulté le 16 juillet 2025).

OLTO, Alessandro. *EnTrance. Spettralismo e composizione assistita all'elaboratore in Fausto Romitelli*, Thèse de doctorat, Udine, 2017. https://air.uniud.it/handle/11390/1132155#.YYKwAlPSIWo (consulté le 20 aout 2025)

OVERHOLT, Sara Ann. Karlheinz Stockhausen's Spatial Theories : Analyses of Gruppen für drei Orchester and Oktophonie, Electronische Musik vom Dienstag aus LICHT. Thèse de doctorat, University of California, Santa Barbara, 2006. http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&res_dat=xri:pqdiss&rft_dat=xri:pqdiss:3233734 (consulté le 17 juillet 2025).

PEREIRA, L. M., & MANZOLLI, J., « Análise de Terretektorh de Iannis Xenakis: a exploração do espaço na organização do discurso musical ». *Opus*, 25(1), 2019, p. 128-154. https://doaj.org/article/a6836d900679431eaa6e52662e3852c0

PLOUVIER, Jean-Luc. « Chute libre : souvenirs et remarques sur mon travail avec Fausto Romitelli », *Circuit*, vol. 24, no. 3, 2014, p. 21-35. https://doi.org/10.7202/1027608ar

POIRIER, Alain. « Philippe Manoury ou la passion de l'écriture », programme Musica Strasbourg, 2011. https://festivalmusica.fr/telecharger/968note (consultée le 20 juillet 2025)

POTTIER, Laurent. « Exemple d'utilisation des outils de CAO pour la synthèse sonore "En-Trance" de Fausto Romitelli pour soprano, ensemble et dispositif électronique », *Journées d'Informatique Musicale*, 1997, Lyon, France. ⟨hal— 03106715⟩

PRÉVOST Hélène, « Entrevue avec Robert Normandeau », CEC Montreal, 2008, transcription audio, https://econtact.ca/10_x/NormandeauRo_Prevost.html

RISSET, Jean-Claude, « Redolfi par Jean-Claude Risset », 2014. https://www.michelredolfi.info/2019/05/michel-redolfi-par-jean-claude-risset.html (consulté le 19 août 2025)

SANTANA, H. J. The Role of Space in the Music of Iannis Xenakis. Ex Tempore, vol 10, no 1. 2000, Consulté sur http://www.ex-tempore.org/ExTempore00/HSANTANA00.htm (consulté le 20 aout 2025)

SANTINI, Andrea. *The spatial performance of Luigi Nono*, Doctoral Thesis, 2013.

SOLOMOS Makis. « L'itinéraire de Xenakis », Ecouter/Voir n°116/117, Paris, 2001, p. 25-31. hal— 02055236

SYKES, Caire. « Henry Brant et sa musique ». *Circuit*, vol. 17, no. 3, 2007, p. 77–82. https://doi.org/10.7202/017593ar

SZPIRGLAS, Jéremie. « Grammaires du sonore », *Ensemble intercontemporain*, 2022, https://www.ensembleintercontemporain.com/fr/2022/11/grammaires-du-sonore-entretien-avec-philippe-manoury-compositeur/ (consulté le 16 juillet 2025).

SZPIRGLAS, Jéremie. « Entretien avec Emmanuel Nunes ». *Ensemble intercontemporain*, 2013, https://www.ensembleintercontemporain.com/fr/2013/03/entretien-avec-emmanuel-nunes/. (consulté le 26 aout 2025)

TIFFON, Vincent. « Jean-Claude Risset and his interdisciplinary practice: what do (or could) the archives tell us ? », *CMMR*, Marseille, France, 2019. ⟨hal— 02371266⟩

TIFFON, Vincent. « Parcours de l'œuvre de Jean-Claude Risset », 2008, https://brahms.ircam.fr/fr/composer/jean-claude-risset/workcourse (consulté le 26 aout 2025)

VARGA, Bálint András, *Conversations with Iannis Xenakis. London* : Faber and Faber, 1996. ISBN 978-0-571-17959-6.

ZATTRA, Laura. « The Electroacoustic Music Archives at the Fondazione Giorgio Cini : A Review of the Camillo Togni, Fausto Romitelli and Giacomo Manzoni Collections », *Archival Notes*, no. 6, 2021 https://onlinepublishing.cini.it/index.php/arno/article/view/193 (consulté le 20 aout 2025)

Écrits de compositeurs

BAYLE, François. *Musique Acousmatique, Propositions… Positions*. Paris : INA-GRM/Buchet-Chastel, 199, 270 p.

BAYLE, François. « Pour une musique invisible : un acousmonium » In *Festival International du Son haute Fidélité Stéréophonie 1975*, Conférences des journées d'études , Paris : Radio France, 1975, p. 125-134.

Bernier, Nicolas. « Lumière, matière, science, fiction : réflexions sur la relation son et lumière dans le cycle d'œuvres frequencies », *eContact !* vol. 19, n° 2, 201, https://econtact.ca/19_2/bernier_frequencies.html (consulté le 20 juillet 2025)

BERNIER, Nicolas, BOUTARD, Guillaume et TRAUBE, Caroline. *Sine Waves Interpretations — Notes on an Adaptation and Transcription Process of Electroacoustic Works*. Montréal : Laboratoire formes • ondes / Université de Montréal, 2021, 145 p. https://www.lineim-print.com/line_124_book/Sine_Waves_Interpretations.pdf (consulté le 20 juillet 2025)

BOULEZ, Pierre. « À la limite du pays fertile. » Dans Relevés d'apprenti, Paris : Seuil, 1966. p. 205 Texte d'origine : Boulez, Pierre. « An der Grenze des Fruchtlandes. » Die Reihe 1, Elektronische Musik. Wien : Universal Edition, 1955.

BOULEZ, Pierre. *Leçons de musique. Point de repère III.* Chapitre « De l'idée à l'œuvre ». Paris : Christian Bourgois, 2005, 758 p., p. 71-138.

BOULEZ, Pierre. *Penser la musique aujourd'hui*. Paris : Gonthier, 1966. re-édition : Gallimard, collection Tel n° 124, 1987. p. 132

JARRE, Jean-Michel. « Jean-Michel Jarre reprend de l'Oxygène. » RFI Musique. 12 décembre 2007. https://musique.rfi.fr/musique/20071212-jean-michel-jarre-reprend-loxygene.html (Consulté le 25 août 2025)

LÉVY, Fabien. *Complexité grammatologique et complexité aperceptive en musique*. Thèse de doctorat, EHESS, Paris, 2002.

MERCIER Maxence, RAZIK Joseph et GLOTIN Hervé. « Synthèse d'interactions multimodales parcimonieuses pour l'écriture de l'œuvre *Iquisme* et l'analyse de ses percepts », *Journées d'Informatique Musicale*, Montréal (Canada), mai 2015. ⟨hal— 03104605⟩.

RISSET, Jean-Claude. « Quelques points de vue sur l'invisible », Filigrane 2, 2005, DOI : https://doi.org/10.4000/12i1z

RISSET, Jean-Claude. *An Introductory Catalogue of Computer Synthesized Sounds*, New Jersey, Murray Hill, 1969, réédité dans le livret de *The Historical CD of Digital Sound Synthesis,* WERGO « Computer Music Currents 13 », 1995, WER 2033-2 282 033-2.

ROMITELLI, Fausto. « Le compositeur comme virus », in : *Le corps électrique*. Voyage dans le son de Fausto Romitelli, éd. par Alessandro Arbo, Paris, L'Harmattan, 2005, p. 132.

ROMITELLI, Fausto. Note de programme pour *EnTrance*, 1996, https://brahms.ircam.fr/fr/work/entrance (consulté le 20 aout 2025)

SCHAEFFER, Pierre. *Traité des objets musicaux : Essai interdisciplinaire*. Paris : Seuil, 1966.

SCHAEFFER, Pierre. *À la recherche d'une musique concrète*, Paris : Seuil, 1952.

STROPPA, Marco. « Live Electronics Or…live Music? Towards a Critique of Interaction. » Contemporary Music Review 18 (3): 41–77. 1999, doi:10.1080/07494469900640341. (consulté le 16 juillet 2025).

STROPPA, Marco. « The analysis of electronic music ». *Contemporary Music Review*, vol 1, no. 1 (1984) : 175–180. https://doi.org/10.1080/07494468400640161 (consulté le 16 juillet 2025)

VAGGIONE, Horacio. « Décorrélation microtemporelle, morphologies et figurations spatiales », Actes des *Journées d'Informatique Musicale*, Marseille, France, 2002.

XENAKIS Iannis, « La crise de la musique sérielle », Gravesanner Blätter n° 1, 1955, p.2-4, https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2020/11/1955-%C2%AB-La-crise-de-la-musique-se%CC%81rielle-%C2%BB-Gravesaner-Bla%CC%88tter-n%C2%B01-1955-p.-2-4.pdf (consulté le 25 aout 2025)

XENAKIS, Iannix., *Musiques formelles*, Paris : Richard-Masse, 1963. https://www.iannis-xenakis.org/wp-content/uploads/2021/02/Musiques_Formelles.pdf (consulté le 25 aout 2025)

Musique populaire et IDM

BENNETT, Andy. *Cultures of Popular Music*. Buckingham : Open University Press, 2001.

HEBDIGE, Dick. *Subculture : The Meaning of Style*. London : Routledge, 1979.

HESMONDHALGH, David. *Why Music Matters*. Chichester : Wiley-Blackwell, 2013. 29 p.

HOLMES, Thom. *Electronic and Experimental Music: Technology, Music, and Culture*, 4e éd. (New York : Routledge, 22 mai 2012), 568 p.

JACKSON, Brian M. *The Music Producer's Survival Guide : Chaos, Creativity, and Career in Independent and Electronic Music*. Oxford : Focal Press, 2010. 474 p.

MERRIAM, Alan P. *The Anthropology of Music*. Evanston : Northwestern University Press, 1964, 371 p.

PRIOR, Nick. *Popular Music, Digital Technology and Society*. Newbury Park : SAGE, 2018. 224 p.

REYNOLDS, Simon. *Energy Flash : A Journey Through Rave Music and Dance Culture*. London : Picador, 1998, 596 p.

SHAPIRO, Peter. *Modulations : A History of Electronic Music : Throbbing Words on Sound*. New York : Caipirinha Productions, 2000, 272 p.

ST. JOHN, Graham (éd.). *Rave Culture and Religion*. New York : Routledge, 2009, 348 p.

TAGG, Philip. *Music's Meanings : A Modern Musicology for Non-Musos*. New York : Mass Media Music Scholars' Press, 2012, 710 p.

THÉBERGE, Paul. *Any Sound You Can Imagine: Making Music / Consuming Technology*. Middletown, Connecticut : Wesleyan University Press, 1997, 308 p.

VERMOESEN, Noëmie. *La techno prise au mot : écritures critiques des musiques électroniques dansantes en Allemagne, en France et au Royaume-Uni de 1986 à 1999*. Thèse de doctorat, Université Rennes 2, 2023. https://theses.fr/2023REN20065

Notation

COUPRIE, Pierre. « Quelques propos sur les outils et les méthodes audionumériques en musicologie. L'interdisciplinarité comme rupture épistémologique », *Revue musicale OICRM*, vol. 6, no 2, 2020, p. 26-47. https://doi.org/10.7202/1068384ar

HOPE, Cate, « The future of music notation in a digital world ». 2019. https://lens.monash.edu/@politics-society/2019/07/19/1375851/the-future-of-music-notation-in-a-digital-world (consulté le 23 juillet 2025)

LOGOTHETIS, Anestis. « The polymorphism of logothetis' notation », site internet, http://anestislogothetis.musicportal.gr/the_graphic_notation/?lang=en (consulté le 27 juillet 2025)

MATMATI, Jawher. *La gravure musicale, un art à la croisée des chemins*. Mémoire de master, Conservatoire de Paris. 2022, https://www.conservatoiredeparis.fr/sites/default/files/Recherche-Editions/TEP_MATMATI_2021.pdf (consulté le 2 aout 2025)

SLOBODA, J. A. « The Uses of Space in Music Notation », *Visible Language*, vol 15, no 1, p. 86-110, 1981, https://journals.uc.edu/index.php/vl/article/view/5316 (consulté le 22 aout 2025)

WONG, Y.K., GAUTHIER, I. « Holistic processing of musical notation: Dissociating failures of selective attention in experts and novices ». *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience,* no 10, 2010, p. 541–551 https://doi.org/10.3758/CABN.10.4.541

4. Recherche-création et méthodologies

BORGDORFF, Henk. « The Production of Knowledge in Artistic Research », in Michael Schwab et Henk Borgdorff (dir.), The Exposition of Artistic Research : Publishing Art in Academia, Leiden, Leiden University Press, 2013, p. 46-63, https://doi.org/10.1017/9789400600928

BORGORDF, Henk. *The Conflict of the Faculties: Perspectives on Artistic Research and Academia*. Leiden: Leiden University Press, 2012. p. 297 https://doi.org/10.26530/OAPEN_595042.

DE ASSIS, Paulo, and SCHWAB, Michael. « Introduction » In *Futures of the Contemporary : Contemporaneity, Untimeliness, and Artistic Research*, edited by Paulo de Assis and Michael Schwab, 7–14. Leuven University Press, 2025. https://doi.org/10.2307/j.ctvc771tm.3.

DONIN, Nicolas. « La musicologie des processus de composition : entre histoire et cognition. » *Transposition. Musique et sciences sociales*, Hors-série 1, 2018, https://doi.org/10.4000/transposition.1689

DONIN, Nicolas. « Vers une musicologie des processus créateurs ». Revue de Musicologie 98, no. 1, 2013, p. 5-14.

FRAYLING, Christopher. « Research in Art and Design ». *Royal College of Art Research Papers*, vol. 1, no 1, 1993.

HOLBROOK, Ulf A. S. « Sound Objects and Spatial Morphologies ». Organised Sound 24, no. 1, 2019, p. 20-29. https://doi.org/10.1017/S1355771819000037

IMPETT, Jonathan (dir.). *Sound Work : Composition as Critical Technical Practice*. Leuven : Leuven University Press, 2021. https://doi.org/10.2307/j.ctv1ccbg96.

POLANYI, Michael. *Knowing and Being: Essays*. Chicago, University of Chicago Press, 1969.

5. Écologie et bioacoustique

ALBRECHT, Glenn. Earth Emotions : New Words for a New World. Ithaca, NY : Cornell University Press., 2019, 256p.

DE BAUDOUIN, Adèle. *Visualisation et écoute des paysages sonores pour l'écologie et la musique électroacoustique*. Thèse de doctorat, Muséum national d'histoire naturelle, Paris 2024 https://theses.fr/s343326 (Consulté le 8 septembre 2025)

DESCOLA, Philippe. *Par-delà nature et culture*. Paris : Gallimard, coll. Bibliothèque des sciences humaines. 2005, 640 p.

FELD, Steven. *Sound and Sentiment: Birds, Weeping, Poetics, and Song in Kaluli Expression.* Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1990, 348 p.

KRAUSE, Bernie. *The Great Animal Orchestra : Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Boston : Little, Brown and Company, 2012, 288 p.

LATOUR, Bruno. (2015). « Face à Gaïa. Huit conférences sur le Nouveau Régime Climatique ». Paris : La Découverte. doi:10.3917/dec.latou.2023.01

LATOUR, Bruno. *Nous n'avons jamais été modernes. Essai d'anthropologie symétrique*. Paris : La Découverte, 1991, 216 p.

MERCIER, Maxence. « Préambule à une synthèse sonore symbiotique », Tripinlab, 2024. https://www.tripinlab.com/synthese-symbiotique/ (consulté le 10 juillet 2025)

MERCIER, Maxence. *Enregistrements bioacoustiques — antenne hydrophonique… le fjord de Kvænangen : conférence, St-Étienne, 2025* [vidéo]. YouTube, 2025. https://youtu.be/RZpS5pfvC_w (Consulté le 9 août 2025).

SCHAFER, R. Murray, *Le Paysage sonore, Le monde comme musique*, Marseille : Wildproject, 2010, 441 p.

SCHAFER, R. Murray. *Five Village Soundscapes, Vancouver,* ARC Publications, 1977

SCHAFER, R. Murray. *The Tuning of the World*. New York: Knopf. 1977, 301 p.

SCHAFER, R. Murray. *The Vancouver Soundscape*, Vancouver, The World Soundscape Project, 1974.

TRUAX, Barry. *Acoustic Communication (2e éd.),* Westport : Ablex Publishing, 2001, 266p.

VON UEXKÜLL, Jacob. *Umwelt und Innenwelt der Tiere*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1921, 182 p.

WESTERKAMP, Hildegard. « Soundwalking », dans A. Collins (ed.), *Soundscape Studies and Listening Perspectives*. 2007

Biologie et bioacoustique

de BAUDOUIN Adèle, COUPRIE Pierre, MICHAUD Felix, HAUPERT Sylvain and SUEUR Jérome « Similarity visualization of soundscapes in ecology and music ». *Frontiers in Ecology and Evolution,* 12:1334776, 2024, doi: 10.3389/fevo.2024.1334776

CERCHIO, S. & DAHLHEIM, M. « Variation in feeding vocalizations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from southeast Alaska ». *Bioacoustics*, vol. 11, no 4, 2001, p. 277-295. https://doi.org/10.1080/09524622.2001.9753468.

CERCHIO, S. & DAHLHEIM, M. « Variation in feeding vocalizations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) from southeast Alaska ». *Bioacoustics*, vol. 11, no 4, 2001, p. 277-295. https://doi.org/10.1080/09524622.2001.9753468.

ERBE, C., HOUSER, D., BOWLES, A. & PORTER, M. B. « Mysticete sounds ». Dans : Erbe, C., Houser, D., Bowles, A. & Porter, M. B. (dir.). *Marine Mammal Acoustics in a Noisy Ocean*. Cham : Springer, 2025. https://doi.org/10.1007/978-3-031-77022-7_3.

FORD, J. K. B. « Vocal traditions among resident killer whales (*Orcinus orca*) in coastal waters of British Columbia ». *Canadian Journal of Zoology*, vol. 69, no 6, 1991, p. 1454-1483. https://doi.org/10.1139/z91-206.

GLOTIN, Hervé & al. Sphyrna-Odyssey 2019-2020, *Rapport I : Découvertes Ethoacoustiques de Chasses Collaboratives de Cachalots en Abysse & Impacts en Mer du Confinement COVID19*. CNRS LIS, Université de Toulon. 2020

IWC. *Fin Whale* [en ligne]. IWC, s.d. Disponible à l'adresse : https://iwc.int/about-whales/whale-species/fin-whale (consulté le 30 septembre 2025).

IWC. *Humpback Whale* [en ligne]. IWC, s.d. Disponible à l'adresse : https://iwc.int/about-whales/whale-species/humpback-whale (consulté le 30 septembre 2025).

IWC. *Killer Whale* [en ligne]. IWC, s.d. Disponible à l'adresse : https://iwc.int/about-whales/whale-species/killer-whale (consulté le 30 septembre 2025).

JENSSEN, B. M. « Endocrine-disrupting chemicals and climate change: a possible interaction in Arctic marine mammals and seabirds? ». *Environmental Health Perspectives*, vol. 114, suppl. 1, 2005, p. 76-80. https://doi.org/10.1289/ehp.8057

JOURDAIN, E. & VONGRAVEN, D. « Humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) and killer whale (*Orcinus orca*) feeding aggregations for foraging on herring (*Clupea harengus*) in Northern Norway ». *Mammalian Biology*, vol. 86, no 1, 2017, p. 27-32. https://doi.org/10.1016/j.mambio.2017.03.006

KOILPILLAI, H. A., BASRAN, C. J., BERROW, S., BROMS, F. *et al.* « Geographic distribution of North Atlantic humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) with fluke scars caused by killer whales (*Orcinus orca*) ». *Aquatic Mammals*, vol. 50, no 4, p. 342-351, 2024. https://doi.org/10.1578/AM.50.4.2024.342

MERCURIO, P., FLORES, F., MUELLER, J. F., CARTER, S. & NEGRI, A. P. « Glyphosate persistence in seawater ». *Marine Pollution Bulletin*, vol. 85, no 2, 2014, p. 385-390. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.021

MØHL, B., WAHLBERG, M., Madsen, P. T., Miller, L. A. & Surlykke, A. « Sperm whale clicks: directionality and source level revisited ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 107, no 1, 2000, p. 638-648. https://doi.org/10.1121/1.428329

MUL, E., BLANCHET, M.-A., MCCLINTOCK, B. T., GRECIAN, W. J. *et al.* « Killer whales are attracted to herring fishing vessels ». *Marine Ecology Progress Series*, vol. 652, 2020, p. 1-13. https://doi.org/10.3354/meps13481

NOAA Fisheries. *NOAA Fisheries* [en ligne]. NOAA Fisheries, s.d. Disponible à l'adresse : https://www.fisheries.noaa.gov/ (consulté le 30 septembre 2025).

PAYNE, R. S. & MCVAY, S. « Songs of humpback whales ». *Science*, vol. 173, no 3997, 1971, p. 585-597, https://doi.org/10.1126/science.173.3997.585.

RENDELL, L. & WHITEHEAD, H. « Vocal clans in sperm whales (*Physeter macrocephalus*) ». *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 270, no 1512, 2003, p. 225-231, https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2239.

SELBMANN, A., MILLER, P. J. O., WENSVEEN, P. J., SVAVARSSON, J. *et al.* « Call combination patterns in Icelandic killer whales (*Orcinus orca*) ». *Scientific Reports*, vol. 13, art. 21771, 2023, https://doi.org/10.1038/s41598-023-48349-1

SIMILÄ, T., & UGARTE, F. « Surface and underwater observations of cooperatively feeding killer whales in northern Norway », *Canadian Journal of Zoology*, vol 71, no 8, 1993, p. 1494–1499. https://doi.org/10.1139/z93-210

SIMON, M., MCGREGOR, P. K., & UGARTE, F. « The relationship between the acoustic behaviour and surface activity of killer whales (*Orcinus orca*) that feed on herring ». *Acta Ethologica*, vol 10, no 2, 2007, p. 47– 53. https://doi.org/10.1007/s10211-007-0029-7

SIMON, M., UGARTE, F., WAHLBERG, M. & MILLER, L. A. « Icelandic killer whales (*Orcinus orca*) feeding on herring (*Clupea harengus*) use a feeding-specific call, Her1 ». *The Journal*

of the Acoustical Society of America, vol. 119, no 1, 2006, p. 645-653. https://doi.org/10.1121/1.2146111

SUEUR, Jérôme, et FARINA, Almo. « Ecoacoustics: the Ecological Investigation and Interpretation of Environmental Sound ». *Biosemiotics 8*, no. 3, 2015, : p. 493-502. https://doi.org/10.1007/s12304-015-9248-x.

VAN OPZEELAND, I. C., VAN PARIJS, S. M., KINDERMANN, L., & LINNENSCHMIDT, M. « Acoustic behaviour of Norwegian killer whales (*Orcinus orca*) during carousel and seiner foraging on spring-spawning herring. » *Aquatic Mammals*, vol 31, num 1, 2005, p. 110–119, https://doi.org/10.1578/AM.31.1.2005.110

VIDESEN, Simone. K., BEJDER, Lars, JOHNSON, Mark & MADSEN, Peter. T. « High suckling rates and acoustic crypsis of humpback whale neonates maximize potential for mother–calf energy transfer ». *Functional Ecology*, vol. 31, no 8, 2017, p. 1561-1573. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12871

WATKINS, W. A., TYACK, P., MOORE, K. E. & BIRD, J. E. « The 20-Hz signals of finback whales (*Balaenoptera physalus*) ». *The Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 82, no 6, 1987, p. 1901-1912. https://doi.org/10.1121/1.395685

Whitehead, Hal. *Sperm Whales: Social Evolution in the Ocean*. University of Chicago Press, 2003, 456 p.

ZANDBERG, Lies, LACHLAN, Robert F, LAMONI, Luca, et GARLAND, Ellen C. « Global cultural evolutionary model of humpback whale song ». *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 376*, no 1836, 2021 https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0242

6. Philosophie, esthétique, sociologie et anthropologie

ARENDT, Hannah. *La condition de l'homme moderne*. Paris : Calmann-Lévy, 1958, 369 p.

BACHIMONT, Bruno. « IA générative, nouvel outil ou nouvel acteur ? Quelques remarques sur la créativité du vivant et de la machine », conférence, Séminaire international de sémiotique, 2025. Disponible à l'adresse : https://youtu.be/FzStV-nNUAM?si=SfJum4I3FB2t7N8j (consulté le 27 juillet 2025).

BACHIMONT, Bruno. *Ingénierie des connaissances et des contenus : le numérique entre ontologies et documents*. Paris : Hermès-Lavoisier. 2007, 288 p.

BACHIMONT, Bruno. *Le Sens de la technique : le numérique et le calcul*. Paris, Lavoisier, 2010, 192 p.

BACHIMONT, Bruno. *Patrimoine et numérique : Technique et politique de la mémoire*. Institut National de l'Audiovisuel (INA). « Médias et Humanités », 2017, 248 p.

BERRY, Gérard. *Le Temps vu autrement*, Paris, Odile Jacob, 2025, 368 p.

BISHOP, Claire. « Antagonism and Relational Aesthetics », *October*, vol. 110, automne 2004, p. 51-79. Repris dans *CUNY Academic Works*, Graduate Center, City University of New York, 2004. https://academicworks.cuny.edu/gc_pubs/96/ (consulté le 23 juillet 2025).

BÖHME, Gernot. *Atmosphäre : Essays zur neuen Ästhetik* Frankfurt am Main, Suhrkamp. 1993, 303 p.

BOULEZ, Pierre, ASSAYAG, Gérard et DE CONNES, Alain. « La créativité en musique et en mathématiques », Conférence, festival Agora en 2011, https://medias.ircam.fr/fr/media/x70ce3e_pierre-boulez-et-alain-connes-la-creativ (consulté le 17 juillet 2025)

BOURDIEU, Pierre. *Les Règles de l'art : Genèse et structure du champ littéraire*. Paris : Seuil, 1992, 480 p.

BOURRIAUD, Nicolas. *Esthétique relationnelle*, Paris : Les presses du réel, 1998. 128 p.

BOURRIAUD, Nicolas. *L'exforme. Art, Idéologie et rejet,* Paris : PUF, coll. « Perspectives critiques », 2017, 141 p.

BOZZI, Nicola. « Meta's Artistic Turn: AR Face Filters, Platform Art, and the Actually Existing Metaverse », *Information, Communication & Society*, vol. 28, no 5, 2024, p. 832-851. https://doi.org/10.1080/1369118X.2024.2427116

CHAIMBAULT, Thomas. Web 2.0 : l'avenir du web ? Dossier Documentaire/septembre 2007, https://www.enssib.fr/bibliotheque-numerique/documents/2-web-2-0-l-avenir-du-web.pdf (consulté le 17 juillet 2025)

CINELLI, Rosa. *Paradigms of evidence. Reframing forensic images through extended reality media*, thèse de doctorat, università degli studi di Milano et Université Côte d'Azur, 2025

COLLINS, Karen. *Game Sound : An Introduction to the History, Theory, and Practice of Video Game Music and Sound Design*. Cambridge : MIT Press, 2008, 216 p.

CRIMP, Douglas. *The Photographic Activity of Postmodernism* , in *October*, vol. 15, 1980, p.91-101.

CVETKOVICH, Ann. *An Archive of Feelings: Trauma, Sexuality, and Lesbian Public Cultures*, Duke University Press, 2003.

DE MEYER, Thibault, « Salomé Voegelin, Sonic Possible Worlds. Hearing the Continuum of Sound », *Les comptes rendus*, https://doi.org/10.4000/lectures.18937

DELEUZE, Gilles et GUATTARI, Félix. *Mille Plateaux*. Paris : Éditions de Minuit, 1980, 648 p.

DEMERS, Joanna. *Listening through the Noise : The Aesthetics of Experimental Electronic Music*. Oxford : Oxford University Press, 2010, 212 p.

DERRIDA Jacques, *Mal d'archive : Une impression freudienne*, Paris, Galilée, 1995, 154 p.

DERRIDA, Jacques. *La dissémination,* Paris : Seuil, 1972, 445 p.

DOUSSON, Lambert. « Contradictions de l'autonomie et politiques de l'écriture chez Pierre Boulez : de l'art-science à l'art de masse ». Conférence, ENS, 8 février 2005. http://www.entretemps.asso.fr/Nicolas/IM/Boulez.Dousson.htm (consulté le 17 juillet 2025).

DU BELLAY, Joachim. *La Défense et Illustration de la langue française*, BNF, 1549, 240 p. https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k166650v.pdf (Consulté le 30 sptembre 2025)

DUFOURT, Hugues. « Les Bases théoriques et philosophiques de la musique spectrale », revue Kairos n°21/2003, « Philosophie et musique », Presses Universitaires du Mirail, p. 227-282.

FOUCAULT Michel/BOULEZ Pierre. La musique contemporaine et le public » 1983, dans *Dits et écrits II*, 1976-1988, p.1312-1313

FOUCAULT, Michel. « Des espaces autres ». Empan, 2004/2 no 54, 2004. p. 12-19. CAIRN.INFO, https://doi.org/10.3917/empa.054.0012

FOUCAULT, Michel. *Dits et écrits, 1954-1988*. Vol. III, 1976-1979. Édité par Daniel Defert et François Ewald. Paris : Gallimard, coll. « Bibliothèque des sciences humaines », 1994, p. 299.

GLISSANT, Édouard. *Philosophie de la Relation*, Paris : Gallimard, 2009. 176 p.

GUATTARI, Félix. *Les Trois écologies*. Paris : Galilée, 1989, 74 p.

HALBWACHS, Maurice, *La mémoire collectiv*e, 1950, rééd. Paris : Albin Michel, 1997, 105 p. https://classiques.uqam.ca/classiques/Halbwachs_maurice/memoire_collective/memoire_collective.pdf (consulté le 9 août 2025).

KITAY, Kat. « What's after Post-Internet Art ?, », 2024, https://spikeartmagazine.com/articles/essay-whats-after-post-internet-art (consulté le 27 juillet 2025)

MANOVICH, Lev. *The Language of New Media.* Cambridge : MIT Press, 2001, 354 p.

MARTIN, Denis-Constant. *Plus que de la musique… Musiques, sociétés et politique, Caraïbes, États-Unis, Afrique du Sud.* Guichen, Mélanie Seteun, 2020, 550 p.

MEUSY, Jean-Jacques, « La Polyvision, espoir oublié d'un cinéma nouveau », *1895, no* 31, 2000, https://doi.org/10.4000/1895.68

MERLEAU-PONTY, Maurice. *Le visible et l'invisible.* Paris : Gallimard, 1964, 364 p.

MOLES, Abraham. *Théorie de l'information et perception esthétique*. Paris : Denoël, 1972, 328 p.

NICO DU WEB, « Web 2.0 — L'ère de l'interaction sociale et collaborative », site internet, [s. d.], https://www.nico-du-web.com/page/web-2-0.html (consulté le 23 juillet 2025)

NANCY, Jean-Luc. *Être singulier pluriel*. Paris : Éditions Galilée, 1996, 210 p.

RANCIÈRE, Jacques. *Le spectateur émancipé*, Paris : La Fabrique, 2008, 150 p.

ROGER, Mélia. « Vers l'audio-post-naturalisme », communication séminaire Bioacoustique/Électroacoustique, St-Etienne, 2025, https://youtu.be/fhNcUgFl5qE?si=y9Kcu4LSZHJKmLYO (consulté le 24 août 2025)

SCHNEIDER, Rebecca, *Performing Remains: Art and War in Times of Theatrical Reenactment*, Routledge, 2011, 272 p.

SIMONDON, Gilbert. *L'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*. Paris : PUF, 1964. Rééd. Grenoble : Jérôme Millon, 2017, 576 p.

SIMONDON, Gilbert. *Du mode d'existence des objets techniques.* Paris : Aubier, 2012, 368 p.

STIEGLER, Bernard. *Dans la disruption. Comment ne pas devenir fou ?* Paris : Les liens qui libèrent. 2016, 480 p.

STIEGLER, Bernard. *La technique et le temps. La faute d'Épiméthée*. Paris : Galilée, 1998, 278 p.

STIEGLER, Bernard. *Qu'appelle-t-on panser ? L'immense régression*. Paris : Les Liens qui libèrent, 2018, 384 p.

TARQUINI Valentina, « Quelles perspectives pour l'Afrique-Monde ? Une étude relationnelle », *TRANS*, no 25, 2020, https://doi.org/10.4000/trans.3464

VOEGELIN, Salomé. *Sonic Possible Worlds: Hearing the Continuum of Sound*, New York : Bloomsbury, 2014, 217 p.

WALTER, Benjamin. *Essai sur Brecht*, Paris : La Fabrique, 2003, 260 p. https://doi.org/10.3917/lafab.benja.2003.01

WATZLAWICK, Paul. *An Anthology of Human Communication*. Palo Alto, Calif : Science and Behavior Books, 1964 p. 63

7. Institutions, politiques culturelles et archives

BADILLO, Patrick-Yves et TARRIER, Franck. *Mobilité et ubiquité dans le futur : vers le nomadisme*, Cahier N°1 de l'ANR, 2009, https://anr.fr/fr/ressources/cahiers-thematiques/mobilite-et-ubiquite-vers-le-nomadisme-numerique/ et https://archive-ouverte.unige.ch/unige:77730 (consulté le 23 juillet 2025)

CATALOGUE DU *FONDS D'ARCHIVE JEAN-CLAUDE RISSET* [en ligne]. Laboratoire PRISM, s.d. Disponible à l'adresse : https://www.prism.cnrs.fr/ressources/fonds-jean-claude-risset/ (consulté le 30 septembre 2025).

CIAN, International Center Of Artificial Intelligence In Natural Acoustics, https://cian.lislab.fr/ (consulté le 2 septembre)

CONFÉDÉRATION INTERNATIONALE DE MUSIQUE ÉLECTROACOUSTIQUE (CIME). « La Confédération Internationale de Musique Électroacoustique ». 22 mai 2013. https://www.cime-icem.net/cime/ (consulté le 13 août 2025)

COPERNICUS, « About us - Copernicus Climate Change », https://climate.copernicus.eu/about-us (consulté le septembre 10, 2025)

COUR DES COMPTES. « Les labels du spectacle vivant : un dispositif à redéfinir ». Rapport public thématique, septembre 2009, https://www.ccomptes.fr/fr/documents/22830 (consulté le 13 août 2025)

Fonds des correspondances de Boulez à la BnF : https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc104935w/ca59734158844367 (consulté le 17 juillet 2025)

FREEMAN, Betty. « Betty Freeman Papers, 1965 - 2008 », fonds d'archive, https://libraries.ucsd.edu/speccoll/findingaids/mss0227.html#header https://oac.cdlib.org/findaid/ark:/13030/tf3000060v/entire_text/#:~:text=Freeman%20%28Betty%29%20Papers%20,Brendel%2C%20Alfred (consulté le 17 juillet 2025)

Gremm. GREMM [en ligne]. GREMM, s.d. Disponible à l'adresse : https://gremm.org/ (consulté le 30 septembre 2025).

IRCAM. *Rapport d'activité 1993*. Paris : Ircam, 1993

LEFEBVRE Noémi, « Marcel Landowski : une politique fondatrice de l'enseignement musical », Cefedem, 2014

MARTIGNY, Vincent, MARTIN, Laurent, et WALLON, Emmanuel, dir. « Les Années Lang. Une histoire des politiques culturelles 1981-1993 ». Paris : La Documentation française, 2021. https://www.vie-publique.fr/files/2021-05/9782111571068.pdf (consulté le 13 août 2025)

MÉDIAMÉTRIE, « Les 15-24 ans : des pratiques médias intensives, individuelles et connectées » 2025 https://www.mediametrie.fr/fr/les-15-24-ans-des-pratiques-medias-intensives-individuelles-et-connectees (consulté le 23 juillet 2025).

MUTEK. Generative Art : A New Vector of Creatio. MUTEK Montréal, 14 juillet 2024. Disponible à l'adresse : https://montreal.mutek.org/en/news/generative-art-a-new-vector-of-creation (consulté le 27 juillet 2025)

NEW YORK PHILHARMONIC, The Digital Archives, https://archives.nyphil.org/ (consulté le 17 juillet 2025)

ORGANISATION DES NATIONS UNIES, *Charte des Nations unies*, San Francisco, 1945

ORGANISATION DES NATIONS UNIES, *Déclaration universelle des droits de l'homme*, Paris, 1948

UNESCO, *Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel*, Paris, 2003.

RAI. *Prix Italia 1948-2024*. Document PDF, Rome, 2024. https://www.rai.it/dl/doc/2024/10/11/1728658969863_prix_italia_1948_2024.pdf (consulté le 17 juillet 2025)

SÉNAT, Commission des finances. « L'enseignement artistique : une ambition et des moyens à la hauteur des enjeux ». Rapport d'information n° 458 (2007-2008). 9 juillet 2008. https://www.senat.fr/rap/r07-458/r07-458_mono.html (consulté le 13 août 2025)

SURRANS Alain, « La politique du Ministère de la culture et de la communication dans le domaine de la création musicale et de la musique contemporaine : analyse et propositions » https://www.vie-publique.fr/rapport/27362-la-politique-du-ministere-de-la-culture-et-de-la-communication-dans-le-d (consulté le 11 août 2025)

STUDIO DI FONOLOGIA RAI. Fonologia (Università di Milano), s.d. https://fonologia.lim.di.unimi.it/ (consulté le 18 août 2025).

WARMAN, Peter. /Metaverse Report, Osborne Clarke, cabinet de conseil juridique en lobbying, [s. d.], https://explore.osborneclarke.com/metaverse-report/ (consulté le 27 juillet 2025).

Gmeb — Imeb — Misame

ASSOCIATION MISAME, « Mnémothèque Internationale des Sciences et Arts en Musique Electroacoustique », https://misame.org (consulté le 12 août 2025)

BIBLIOTHÈQUE NATIONALE DE FRANCE (BnF). « Fonds de l'Institut International de Musique Electroacoustique de Bourges (IMEB) — Fonds Françoise Barrière et Christian Clozier. 1970—2011 ». *Archives et manuscrits*. https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc944176 (consulté le 13 août 2025)

BAUDOUX, Vinciane. « Pétition pour l'IMEB (Institut de Musique Électroacoustique/Bourges) ». Cahiers de l'ACME, 8 octobre 2009, https://www.cahiersacme.com/article-petition-pour-l-imeb-institut-de-musique-electroacoustique-bourges-37183922.html (consulté le 13 août 2025)

BNF, « Fonds de l'IMEB », https://archivesetmanuscrits.bnf.fr/ark:/12148/cc944176 (Consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Récit du Gmebogosse et de sa pédagogie, ce qu'on en dit et ce qui fut médit*, Anthologie GMEB/IMEB, vol. 1,4, 75 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/1-4_4_Récit_sur_le_GmebOgOsse_p75.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Le Gmebaphone, concept, historique, photos, schémas*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.1, Misame, 2022, 317 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-1_9_Concept_p317.pdf (consulté le 5 septembre 2025)

CLOZIER, Christian. *De la composition-diffusion-interprétation en musique électroacoustique notamment sur/avec le Gmebaphone,* Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.2, Misame, 2024, 50 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-2_10_Comp_dif_interp_50.pdf (consulté le 11 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Pour situer la diachronie et les correspondances,* Anthologie GMEB/IMEB, vol 2.5, Misame, 2021, 29 p., https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/2-5_13_Pour_Situer_%2BBr%C3%A8ve_p29.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. « Le studio Charybde, instrument de composition », vol 3.1, Misame, 2020, 43 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-1_15_Charybde_Studio_instrument_p43.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. « Recherche et développement du studio Charybde 1970-2010 », vol 3.2, Misame, 2024, 130 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-2_16_Le_studio_charybde_RD_p130.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. « Les projets Circé et Ulysse 1982-1990 », vol 3.3, Misame, 2023, 170 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/3-3_17__Les_projets_Circ%C3%A9_Ulysse_p170.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. Histoire par décades, des repères sur la chaîne d'évolution GMEB/IMEB, Anthologie GMEB/IMEB, vol 4.2, Misame, 2024, 105 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/4-2_19_Decades_IMEB_Gmeb_p105.pdf (consulté le 12 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Éphémérides du Gmeb/Imeb, bilan et diachronie*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 4.3, Misame, 2011, 21 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/4-3_20_Ephémérides_GMEB-IMEB_p21.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Prédicat pour la Musique Électroacoustique, défense et illustration*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.1, Misame, 2022, 176 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-1_25_Prédicat_pour_la_ME_p176.pdf (Consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Son et Phone, l'entité sujet sonore électroacoustique, son double statut*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.2, Misame, 2022, 40 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-2_26_Son_Phone_p40.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. Vers et pour une rhétorique sonore électroacoustique », Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.3, Misame, 2023, 16 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-3_27_Vers_une_Rhéto_p16.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Présentation méthodologique du GMEB*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.4, Misame, 1974-2022, 13 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-4__28_Présentation_méthodologique_Juin_74_p13.pdf (consulté le 12 août 2025)

CLOZIER, Christian. *Projet musical et idéologique en création, recherche, diffusion*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 5.5, Misame, 2021, 17 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/5-5_29_Projet_musical_et_ideologique_p17.pdf Consulté le 13 août 2025.

CLOZIER, Christian. *Le noyau, F.Barrière P.Boeswillwald C.Clozier A.Savouret*, Anthologie GMEB/IMEB, vol. 6.1, Misame, 2024, 15 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/6-1_36_Bios_NOYAU_15p.pdf (Consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. *L'internationale IMEB de la création musicale*, Anthologie GMEB/IMEB, vol 6.5, Misame, 2023, 15 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/6-5_51_Internationale_de_la_création_musicale_p12.pdf (consulté le 13 août 2025)

CLOZIER, Christian. « Compendium n° 7, propos sur le Studio Charybde, instrument de composition », vol 7.7, Misame, 2023, 730 p. https://misame.org/wp-content/uploads/anthologie/7-7_48_Dos7_Studio_p730.pdf (consulté le 13 août 2025)

MISAME, Anthologie GMEB/IMEB https://misame.org/anthologie-gmeb-imeb/ (consulté le 12 août 2025)

8. Sciences formelles

CONNES, Alain. *Noncommutative Geometry*. San Diego (CA), Academic Press, 1994, https://alainconnes.org/wp-content/uploads/book94bigpdf.pdf (consulté le 15 juillet 2025).

EINSTEIN, Albert. « Die Feldgleichungen der Gravitation », *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen*, Akademie der Wissenschaften (Berlin), 25 novembre 1915, p. 844-847. Traduction anglaise disponible sur Wikisource : https://en.wikisource.org/wiki/Translation:The_Field_Equations_of_Gravitation (consulté le 22 août 2025).

HEISENBERG, W. *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen.* Z. Physik 33, 879–893 (1925). https://doi.org/10.1007/BF01328377

HILBERT, David. *Grundzüge einer allgemeinen Theorie der linearen Integralgleichungen*. Leipzig : B.G. Teubner, 1907, 309 p. https://diglib.uibk.ac.at/download/pdf/367082.pdf (consulté le 22 aout 2025)

RIEMANN, Bernhard. *Über die Hypothesen, welche der Geometrie zugrunde liegen*. Édition commentée par Jürgen Jost, avec un commentaire historique de Hermann Weyl. Berlin, Springer, 2013. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-642-35121-1

SCHRÔDINGER Erwin, cité par GRIBBIN John, In *Search of Schrödinger's cat, Quantum physics and reality*, Londres : Black Swan, 1984, 302 p.

VON NEUMANN, John. Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik. Berlin : Springer, 1932. voir https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_Foundations_of_Quantum_Mechanics (consulté le 22 aout 2025)

9. Logiciels

BASILISK II PROJECT, documentation et fichiers de configuration, GitHub, https://github.com/cebix/macemu

BONARDI, Alain, GOUTMANN, Paul, FIERRO, David et ZANNI, Adrien. « abclib ». 2023, ⟨swh:1:dir:1cc37ea1204712905a0f25fd0ce309eea9b25af0 ; origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04367491;visit=swh:1:snp:670b1be9dc54c1765fc49ae951a22c9109a6e76b ; anchor=swh:1:rel:42914f2eced0e28fbb498e3c948075deba586350 ; path=/⟩. ⟨hal-04367491⟩

CSOUND. « Gendyx », Csound Manual (version française), s.d. Disponible à l'adresse : https://csound.com/docs/manual-fr/gendyx.html (consulté le 30 septembre 2025).

DUCHENNE, Jean-Marc. « Les Acousmodules », site internet et plugins depuis 2003, http://acousmodules.space/ (Consulté le 30 septembre 2025)

FLUX. « Mira », logiciel, https://www.flux.audio/project/mira (consulté le 2 septembre 2025)

FLUX. « Spat Revolution », logiciel, https://www.flux.audio/project/spat-revolution/ (consulté le 2 septembre 2025)

IANNIX, Iannix, site internet, [s. d.] , https://www.iannix.org/fr/

IRCAM, « AudioSculpt », Forum IRCAM, 2022, Disponible à l'adresse : https://forum.ircam.fr/projects/detail/audiosculpt/ (consulté le 22 août 2025).

IRCAM, Partiels, logiciel, IMR IRCAM, 2025, https://forum.ircam.fr/projects/detail/partiels/ (consulté le 29 septembre 2025)

IRCAM, OpenMusic, https://openmusic-project.github.io/ (consulté le 22 aout 2025)

IEM, « EnergyVisualizer », plugin audio, disponible à cette adresse : https://plugins.iem.at/docs/energyvisualizergrid/ (consulté le 2 septembre)

KLINGBEIL, Michael. « SPEAR: Sinusoidal Partial Editing Analysis and Resynthesis », 2005, disponible sur https://www.klingbeil.com/spear/ (consulté le 10 septembre 2025)

MALT, Mikhail et BABONI SCHILINGI, Jacopo. « Profile, Library for the Control of Melodic », IRCAM 1994, https://github.com/openmusic-project/Profile (consulté le 24 août 2025)

MACINTOSH GARDEN. *Macintosh Garden* [en ligne]. s.d. Disponible à l'adresse : https://macintoshgarden.org (consulté le 30 septembre 2025).

MACINTOSH REPOSITORY. *Macintosh Repository* [en ligne]. s.d. Disponible à l'adresse : https://www.macintoshrepository.org (consulté le 30 septembre 2025).

CYCLING '74. Max. San Francisco : Cycling » 74, s.d. Disponible à l'adresse : https://cycling74.com/products/max (Consulté le 27 juillet 2025.)

MCCORMACK, Leo, DELIKARIS-MANIAS, Symeon, « SPARTA (Spatial Audio Real-Time Applications) », https://leomccormack.github.io/sparta-site/ (consulté le 2 septembre 2025)

MERCIER, Maxence, *Sound Trajectory* version 2. *Dépôt software héritage*, Hal, 2023, ⟨swh:1:dir:baf561e7448d729ef54b94e94d333f4eea6ccac0 ; origin=https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-04950075 ; visit=swh:1:snp:2b673e52ec0ecf5504aed1d2edb65705605eff87 ; anchor=swh : 1 : rel : 8a95caa 40fa24 528d3e5350efc 715d1cbbf 2467a ; path=/⟩. ⟨hal—04950075⟩

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory 2 », dépot Github, https://github.com/maxence-mercier/Sound-Trajectory (consulté le 10 juillet 2025)

10. Œuvres

Peinture

BARRAUD, Francis. *La Voix de son maître* (1898)

Cinéma

GANCE, Abel. *Napoléon*, france, (1923)

Musique, oeuvres musicale et sonore

AMON TOBIN, *Supermodified* (2000)

APHEX TWIN, *Drukqs*, (2001)

APHEX TWIN, *Selected Ambient Works 85–92*, (1992)

APHEX TWIN, *Windowlicker*, (1999)

BERNIER, Nicolas. *frequencies (a)* (2011)

BERNIER, Nicolas. *frequencies synthetic variations* (2015)

BOARD OF CANADA, *Music Has the Right to Children* (1998)

BOARD OF CANADA, *The Campfire Headphase* (2005)

BOULEZ, Pierre. *Doubles* (1958)

BOULEZ, Pierre. *Études concrètes* (1951–52)

BOULEZ, Pierre. *Figures-Doubles-Prismes* (1968)

BOULEZ, Pierre. *Improvisation sur Mallarmé I* (1962)

BOULEZ, Pierre. *Pli selon pli* (1956-1961)

BOULEZ, Pierre. *Troisième sonate* (1957)

BOULEZ, Pierre. *Répons* (1981-1984)

BOULEZ, Pierre. *Rituel* (1975)

BRANT, Henry. *Brant aan de Amstel* (1984)

BRANT, Henry. *Ice Field* (2001)

BRANT, Henry. *Trinity of Spheres* (1979)

BRANT, Henry. *Universal Circus* (1956)

BRANT, Henry. *Antiphony I* (1953)

BRANT, Henry. *Galaxy II* (1959)

BRANT, Henry. *Orbits* (1979)

BRANT, Henry. *Quombex* (1960)

BROWN, Earle. *December* 1952 (1952)

BROWN, Earle. *Hodograph I* 1959

CARDEW Cornelius. *Treatise* (1963–1967)

CHOWNING, John. *Turenas* 1971-1972

FELDMAN, Morton. *Projection 1* 1950

GRISEY, Gérard. *Partiels* (1976)

IVES, Charles. *The Unanswered Question* (1908)

JACQUEMIN, Guillaume. et RANC, Matthieu, *Fa Octothorp* (2012)

JARRE, Jean-Michel, *Oxygène* (1976)

HENDRIX, Jimi, *Are You Experienced* (1967)

LIGETI, György. *Artikulation* (1970)

MANOURY, Philippe. *Fragments pour un portrait* (1998)

MANOURY, Philippe. *Grammaires du sonore* (2022)

MANOURY, Philippe. *Jupiter* (1987)

MANOURY, Philippe. *K…* (1999-2000)

MANOURY, Philippe. *Neptune* (1990)

MANOURY, Philippe. *Noon* (2003)

MANOURY, Philippe. *Pluton* (1988)

MANOURY, Philippe. *Tensio* (2010)

MARESZ, Yan. *Metallics* (1995)

MAZZOCCHETTI, Maoupa. *UXY Dosing© Vol.2* (2022)

MERCIER, Maxence. *Beyond Sea Skin* (2025)

MERCIER, Maxence. *Iquisme* (2015)

MERCIER, Maxence. *Out of Sight* (2023),

MERCIER, Maxence. *Umwelt*, (2024),

MESSIAEN, Olivier. *Timbres-durées*, 1952.

MURAIL, Tristan. *Désintégration* (1982)

MURAIL, Tristan. *Sable* (1975)

NIRVANA, *Nevermind* (1991)

NONO, Luigi. *Das atmende Klarsein* (1979-1980)

NONO, Luigi. Io, *frammento dal Prometeo* (1981)

NONO, Luigi. Prometeo, *tragedia dell'ascolto* (1984)

NONO, Luigi. Quando *stanno morendo, Diario Polacco n.2* (1981)

NONO, Luigi. *Risonanze erranti* (1985)

NUNES, Emmanuel. *Quodlibet* (1991)

NUNES, Emmanuel. *Wandlungen* (1986)

WELLES, Orson. *La Guerre des mondes* (1938)

FISCHINGER, Oskar. *Studien Nr. 6–12* (1930–1932)

RISSET, Jean-Claude. *Huit esquisses en duo* (1989)

RISSET, Jean-Claude. *For Maderna* (1989)

RISSET, Jean-Claude. *Multiples* (2009)

RISSET, Jean-Claude. *Mutation* (1969)

RISSET, Jean-Claude. *Octant* (2004)

RISSET, Jean-Claude. *Pentacle* (2005)

RISSET, Jean-Claude. *Plectre* (1995)

RISSET, Jean-Claude. *Rebonds* (2000)

RISSET, Jean-Claude. *Reflections* (2012)

RISSET, Jean-Claude. *Resonant Sound Spaces* (2002)

RISSET, Jean-Claude. *Resonant Soundscapes* (2000)

RISSET, Jean-Claude. *Stochattop* (1989, inédit, esquisse)

RISSET, Jean-Claude. *Sud* (1985)

RISSET, Jean-Claude. *Tri-IX* (2002)

RISSET, Jean-Claude. *Trois Études en duo* (1991)

RISSET, Jean-Claude. *Trois études pour la main gauche* (1993)

ROMITELLI, Fausto. *Audiodrome* (2004)

ROMITELLI, Fausto. *EnTrance* (1995)

ROMITELLI, Fausto. *Index of Metals* (2004)

ROMITELLI, Fausto. *Professor Bad Trip* (1998–2000)

SAARIAHO, Kaija. *Lonh* (1996)

SAARIAHO, Kaija. *Nymphéa* (1987)

SCHAFER, R. Murray. *Music for Wilderness Lake*, 1979

SCHAFER, R. Murray. *The Princess of the Stars*, 1981

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Gesang der Jünglinge* (1955–56)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Hymnen* (1965–66)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Klavierstück XI*, (1956)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Kontakte* (1960)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Momente* (1962)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Quatuor pour hélicoptères* (1992)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Spiral* (1970)

STOCKHAUSEN, Karlheinz. *Studie I* (1953-1954)

STOCKHAUSEN, Karlheinz., *Gruppen* (1955-57)

STROPPA, Marco. *Spirali* (1987-1988)

STROPPA, Marco. *Traiettoria* (1981-84)

TANGERINE DREAM, *Phaedra* (1974)

THORESEN, Lasse. *Sound of the Arctic* (2022)

VANGELIS, *Chariots of Fire* (1981)

VARÈSE, Edgard. *Poème électronique*, (1958)

VELVET UNDERGROUND, *The Velvet Underground & Nico* (1967)

XENAKIS, Iannis. *Diamorphoses* (1957)

XENAKIS, Iannis. *Metastasis* (1955)

XENAKIS, Iannis. *Mikka* (1971)

XENAKIS, Iannis. *Persephassa* (1969)

XENAKIS, Iannis. *Pithoprakta* (1957)

XENAKIS, Iannis. *Terretektorh*, (1966)

XENAKIS, Iannis. *Nomos Gamma*, (1968)

Installations

ABU HAMDAN, Lawrence. *Saydnaya (the missing 19 dB)*, (2017)

CARDIFF, Janet, et BURES MILLER, George, *Münster Walk*, [Promenade audio], Münster, Allemagne, (1997)

DE LA PEÑA, Nonny, *Project Syria*, Journalisme immersif, (2015)

FORENSIC ARCHITECTURE, *Counter Investigations*, Exposition, Institute of Contemporary Arts, Londres, (2018)

LOZANO-HEMMER, Rafael. *Pulse Topology* (2021)

LOZANO-HEMMER, Rafael. *Pulse Room*, Installation interactive (2006)

MERCIER, Maxence. et CINELLI, Rosa. *Voices of fragments*, (2024)

MERCIER, Maxence. et FOURMOND, Thomas, *Reflet,* (2005)

VOEGELIN, Salomé. *Sonic Possible Worlds: Hearing the Continuum of Sound,* New York, Bloomsbury, (2014)

MERCIER Léonore, HIGELIN Arthur et MERCIER Maxence, *Le Synesthésium* (2015)

18 Tables

18.1 Liste des figures

Figure 1 : La voix de son maître par Francis Barraud 19

Figure 2 : Lame de rasoir, outil de base du montage audio analogique..... 35

Figure 3 : Extrait de partition de *Gruppen* en 1955-57, de Karlheinz Stockhausen,..... 42

Figure 4 : Extrait de partition de *Figures-Doubles-Prismes* en 1968, de Pierre Boulez 43

Figure 5 : Dimensions de l'écriture selon Boulez..... 45

Figure 6 : Programme du NYO avec Brant et Boulez en 1960 48

Figure 7 : Pierre Schaeffer dans le pupitre d'espace en 1951 60

Figure 8 : Schéma du potentiomètre d'espace de Jacques Poullin 61

Figure 9 : Le Gmebaphone dans la cour du Palais Jacques Coeur en 1973..... 74

Figure 10 : Filtrage des voix à partir d'un signal stéréo dans le premier Gmebaphone 75

Figure 11 : L'Acousmonium à l'espace l'Eglise St Séverin à Paris en 1974, ... 76

Figure 12 : Dispositif de l'Acousmonium en 2005..... 77

Figure 13 : Les trois : moments, lieux et espaces de la composition selon Clozier 79

Figure 14 : Léo Küpper au Kinéphone 89

Figure 15 : Formes spatiales élémentaires selon Leo Küpper 90

Figure 16 : Trajectoires sonores et couplage avec l'arche de Renzo Piano..... 96

Figure 17 : Disposition de l'orchestre et du public pour Terretektorh 115

Figure 18 : Extrait de partition de *Terretektorh* de Iannis Xenakis 116

Figure 19 : Diagramme de rotation dans *Terretektorh*. 117

Figure 20 : Extrait du schéma de la forme temporelle de *Gruppen*..... 119

Figure 21 : Partition graphique d'*Artikulation* de Geogy Ligeti..... 120

Figure 22 : Partition interactive pour *Fa Octothorp* dans *lanniX* 128

Figure 23 : Interface de contribution de *Reflet* en 2006,..... 135

Figure 24 : Premières contributions de *Reflet*, 2006..... 137

Figure 25 : On a wall, projet de projection double et interactive 143

Figure 26 : Point de vue multiple d'un même objet sous forme de particules dans *Iquisme.* 146

Figure 27 : Commodore 64 176

Figure 28 : Code d'un patch PW sous forme brut de Romitelli.....194
Figure 29 : Extrait du même code formaté avec une indentation 194
Figure 30 : Diagramme de dépendances de la fonction HH 200
Figure 31 : Le patch « ProfBadTrip » de Romitelli 203
Figure 32 : Reproduction en 2025 du patch « ProfBadTrip » 204
Figure 33 : Résultat des évaluations du code dans les différents environnements. 205
Figure 34 : Les espaces d'écriture non commutables chez Romitelli.....211
Figure 35 : L'espace latent chez Romitelli. 214
Figure 36 : Interpolation entre deux enveloppes d'amplitude. 216
Figure 37 : Tableau distributionnel pour les effets de résonance du modèle bêta. 218
Figure 38 : Le patch « ProfBadTrip » de Romitelli 220
Figure 39 : Le patch Patchwork de Cupio Disolvi (1995) de Romitelli 221
Figure 40 : Diagramme corps Risset selon date (azimut) et heure (rayon). 228
Figure 41 : Diagramme selon date (azimut) et heure (rayon) après nettoyage 229
Figure 42 : Diagramme polaire, dates de création (azimut = heures, rayon = années).....230
Figure 43 : Survol d'un point du diagramme avec la souris 230
Figure 44 : La virtualisation sous Basilisk2.....232
Figure 45 : Max 2.5.2, simple et efficace, avec 256 mo de mémoire vive en 2025 233
Figure 46 : MacOS system 7.6.2 sur un écran 4k en 2025 émulé par BasiliskII 234
Figure 47 : Les Splash Screen de Max version 2 et 3 235
Figure 48 : Les patchs mirror ouverts en mode « Text » 238
Figure 49 : Versions de Max 2 utilisés par Risset 239
Figure 50 : Fenêtre d'enregistrement de Max 3 239
Figure 51 : Dossier ouvert sous système 7 émulé avec Basilisk II 239
Figure 52 : Représentation des fichiers créés de 1988 à 2014 par tranche annuelle. 241
Figure 53 : Représentation pondérée par gradient logarithmique.....242
Figure 54 : Frise chronologique.....244
Figure 55 : Note de programme envoyée par Risset à l'administratrice du CIRM 252
Figure 56 : Le patch *plectremanca* ouvert sous Max 2.5.2.....253
Figure 57 : Liste de tous les fichiers relatifs à la pièce *Plectre* 255

Figure 58 : Patchs initiaux pour la réalisation de *Plectre* 255
Figure 59 : plectr1.pat 2 nov. 1995 à 17 h 40. 257
Figure 60 : plectr2.pat 2 nov. 1995 à 21 h 59 258
Figure 61 : plectr1.pat 3 nov. 1995 à 9 h 07 259
Figure 62 : Séquence midi incluse dans le fichier plectr1.sc 260
Figure 63 : plectrem.pat 5 nov. 1995 à 16 h 29 261
Figure 64 : Message d'erreur de MacOS 7.6.1 262
Figure 65 : Page 1 de la partition manuscrite de *Plectre* 263
Figure 66 : Page 2 de la partition manuscrite de *Plectre* 264
Figure 67 : Partition de *Plectre* page 1 bis.....266
Figure 68 : Partition de *Plectre* page 2 267
Figure 69 : Partition de *Plectre* page 2 bis, version intermédiaire bis 268
Figure 70 : Partition de *Plectre* page 1 ter, copie finale annotée.....269
Figure 71 : Partition de *Plectre* page 2 ter, copie finale (hypothèse) 270
Figure 72 : Annotations des changements entre les différentes versions. 271
Figure 73 : Etude préparatoire pour la réalisation de l'oeuvre *Octant* (2004).....271
Figure 74 : Le patch *plectremanca* ouvert sous Max 2.5.2.....273
Figure 75 : Le patch plectremanca, déroulé dans Max 9 275
Figure 76 : Initialisation et déclenchement du patch plectremanca.pat. 276
Figure 77 : Les 9 premiers accords de *Plectre* (Manca) 276
Figure 78 : Séquence de déclenchement automatique des premiers accords.....277
Figure 79 : Esquisse Stochastique découverte dans les archives du fonds Risset Prism.....279
Figure 80 : Patch retrouvé dans le dossier GP91, nommé initialement *stochattop*. 280
Figure 81 : Patch stochp1safe, comme le patch parent, dans Max 2.5.2 280
Figure 82 : Le patch Stochattop ouvert comme un texte dans Max 2.5.2.....281
Figure 83 : Déroulement de la séquence déterministe mise à plat, reconstitué dans Max 9 .282
Figure 84 : Recréation du patch stochp1safe dans Max 9 282
Figure 85 : Feuillet volant, *Stocchat* éliminé ? 284
Figure 86 : Copie d'écran d'un patch disparu, à l'origine de *Stochattop* 285
Figure 87 : Différents relevés de Risset sur la réponse du Disklavier à 25 ans d'intervalle 288

Figure 88 : Interface principale de Sound Trajectory.. 296
Figure 89 : Les différentes zones de l'interface d'écriture de Sound Trajectory.....298
Figure 90 : Évaluations des coordonnées d'une trajectoire. 299
Figure 91 : Patch Max simplifié de l'évaluation de trajectoire.....300
Figure 92 : Module de contrôle des fonctionnalités du Motion listener. 301
Figure 93 : Module de mixage des bus.. 301
Figure 94 : Le module Space designer.....301
Figure 95 : Synoptique du moteur Audio de Sound Trajectory. 303
Figure 96 : Workflow avec un séquenceur. 304
Figure 97 : Affectation des sources audio aux trajectoires dans Sound Trajectory 304
Figure 98 : Workflow avec un séquenceur et un encodeur externe.. 305
Figure 99 : Mapping d'interactions.....306
Figure 100 : Modules « enveloppe follower » et « flow continuum » 307
Figure 101 : Espace paramétrique du multidelay.. 309
Figure 102 : Applications théoriques du multidelay.. 309
Figure 103 : Page de configuration des pistes. 310
Figure 104 : Page de configuration du dispositif de haut-parleurs 312
Figure 105 : Paramètres de calibration des haut-parleurs. 313
Figure 106 : Interface de visualisation OpenGL de *inPlace*. 314
Figure 107 : inPlace avec un signal stéréo. 315
Figure 108 : Interface de contrôle des paramètres de visualisation de inPlace 318
Figure 109 : Collecte des bins FFT. Source : Maxence Mercier (2025).....321
Figure 110 : Lissage et dissociation computationnelle / visuelle 321
Figure 111 : Chaîne de traitements appliqués à la pondération des *bins* fréquentiels 322
Figure 112 : Représentation des branches d'informations visuelles additionnelles. 324
Figure 113 : Mode polaire de inPlace. 325
Figure 114 : Vue latérale du mode « particules ». 326
Figure 115 : Modes polaire et EnergyVisualizer (IEM).. 328
Figure 116 : Interface du plugin EnergyVisualizer et distribution sur sphère 328
Figure 117 : Bandeau d'informations d'inPlace. 330

Figure 118 : Interface de visualisation OpenGL de inPlace 332
Figure 119 : Virtualisation du Cybernéphone 337
Figure 120 : Dispositifs scéniques du Gmebaphone en 1975 339
Figure 121 : Dispositifs scéniques du Cybernéphone en 1999 339
Figure 122 : Interface du Cybernéphone 7, sous Max 4.x vers 2005 341
Figure 123 : Interface du Cybernéphone X, destiné à un écran tactile multitouch, 2023 341
Figure 124 : Distribution de points sources le long d'une trajectoire 342
Figure 125 : Module multi-filter 342
Figure 126 : Module multidelay 343
Figure 127 : Setup instrumental de *Out of Sight* 380
Figure 128 : Routages des canaux audios, midi et mapping d'interactions. 382
Figure 129 : Extrapolation quadriphonique d'une piste à partir d'un signal stéréo. 383
Figure 130 : Matrices d'affections des effets audio du patch Max 383
Figure 131 : Interface mira permettant d'activer à la volée des effets momentanés. 384
Figure 132 : Interface du patch audio de *Out of Sight* en mode performance 385
Figure 133 : Mapping et réseaux d'interactions 386
Figure 134 : Session Ableton Live, comportant les séquences MIDI. 388
Figure 135 : Sélecteur d'envoi dans Ableton Live 388
Figure 136 : Locator Manager (plugin M4L) et effet sur la timeline. 389
Figure 137 : Portion de la session d'*Out of Sight*. 389
Figure 138 : Patch de performance MIDI, vue du matriçage des processus, ... 391
Figure 139 : Le patch de performance midi en vue édition 394
Figure 140 : Interface de mixage des sources MIDI sur iPad 395
Figure 141 : Interface tactile pour interpréter la position des sources ou du listener 396
Figure 142 : Méthodes de détection de séquences de notes pour déclencher une action. 397
Figure 143 : La session Live, comportant les séquences MIDI. 400
Figure 144 : représentation spectrale de la performance d'*Out of sight* (2023) 401
Figure 145 : Préparation du piano CP70 413
Figure 146 : Représentation spectrale après préparation du piano 413
Figure 147 : Les espace imbriqués du processus de réalisation de *Umwelt*. 415

Figure 148 : Matrice d'autosimilarité FTT, sur *Umwelt*.....422
Figure 149 : Matrice d'autosimilarité selon, différents descripteurs audio sur la FFT.....423
Figure 150 : *Umwelt* version stéréo visualisée dans iAnalyse5.....424
Figure 151 : *Umwelt*, première partie, du début à la 11e minute.....425
Figure 152 : *Umwelt*, deuxième section, de 11 à 20 min.....426
Figure 153 : *Umwelt*, troisième section, de 20 à 28 min.....427
Figure 154 : *Umwelt*, quatrième section, de 28 à 41 min. 428
Figure 155 : Pochette d'*Umwelt* pour la sortie sur les plateformes en Dolby Atmos : 439
Figure 156 : Vue des écrans de tulle de l'installation.....442
Figure 157 : Vue des écrans de tulle de l'installation Voices of Fragments.....443
Figure 158 : Visualisation des zones d'interaction depuis l'interface du Max et Jitter.....449
Figure 159 : Prévisualisation 3D du dispositif.....450
Figure 160 : Gros plans sur une page d'un des carnets de recherches.....451
Figure 161 : Vue 3D montrant les cônes du Voronoi en perspectives.....453
Figure 162 : Projection orthonormée du diagramme de Voronoï.....453
Figure 163 : Diagramme de Voronoï obtenu à partir de la projection.....454
Figure 164 : Calcul du gradient par extrapolation de la forme polygonale 455
Figure 165 : Interface de Spatial Partition Mapping 456
Figure 166 : Schéma fonctionnel entre hors temps réel et temps réel. 457
Figure 167 : Capture l'espace sonore à 360°. 460
Figure 168 : Prototype de l'interface web disponible en ligne 465
Figure 169 : Baleines dans le fjord de Kvænangen, ...467
Figure 170 : Baleine à bosse 468
Figure 171 : Installation sonore prévue pour l'espace public 470
Figure 172 : Emplacement du fjord de Kvænangen 471
Figure 173 : Antennes hydrophoniques Tetra de la mission Adapredat.....472
Figure 174 : Spectrogrammes permettant de visualiser le contenu sonore.....473
Figure 175 : Les quatre principales espèces de cétacés dans les fjords norvégiens 474
Figure 176 : Migration des baleines à bosse.....475
Figure 177 : Focalisation manuelle sur les manifestations sonores.....483

Figure 178 : Visualisation du spectre de 2 vocalises d'orques émise au même moment.....484
Figure 179 : Édition et suivi des harmoniques du spectre de deux vocalises 485
Figure 180 : Le même son que la figure précédente, dans Spear 486
Figure 181 : Test de suivie des partiels avec Python 486
Figure 182 : Conversion spectrale depuis Spear et AudioSculpt dans OpenMusic.....487
Figure 183 : Interface de sound mapping virtuel pour l'écriture numérique. 490
Figure 184 : Distribution immersive.....490
Figure 185 : Exemple de disposition des pupitres d'orchestre. 491
Figure 186 : Workflow de *Beyond Sea Skin.* Source 492
Figure 187 : Workflow des différents médias envisagés pour la diffusion de l'œuvre. 492
Figure 188 : Le Gulf Stream depuis les Antilles vers l'Europe 493
Figure 189 : Trajectoires de migration d'une sélection de baleines à bosse.....494
Figure 190 : Visualisation 3D de la bathymétrie du fjord de Kvænangen et de ses environ.495
Figure 191 : Cohabitation dans le fjord 496

18.2 Liste des tableaux

Tableau 1 : Approche de la spatialisation sonore à l'intersection de cinq espaces critiques...27
Tableau 2 : Approches critiques de la technique 28
Tableau 3 : Comparaison entre DAW et environnements de programmation.....125
Tableau 4 : Tableau comparatif de représentation et projection multimodal 150
Tableau 5 : Extrait d'une sélection de fonctions du code Lisp de Romitelli 198
Tableau 6 : Comparaison de la précision dans PatchWork et OpenMusic 202
Tableau 7 : Différente implémentations de la fonction « mirror ».....237
Tableau 8 : Récapitulatif du nombre de fichiers créés (ou dupliqués/recréés) par années 245
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des différents modes de visualisation de inPlace.....335
Tableau 10 : Les figures clés de l'écosystème GMEB/IMEB 349
Tableau 11 : Évolution chronologique des instruments GMEB/IMEB (1972-2008).....353
Tableau 12 : Tableau chronologique des initiatives internationales (1971-1995).....359
Tableau 13 : Le fond GMEB/IMEB à la BnF et dans d'autres institutions. 363

Tableau 14 : Principaux types de vocalisations des cétacés du fjord de Kvænangen.....482
Tableau 15 : Ressources paramétriques et scénographiques pour *Beyond Sea Skin* 499

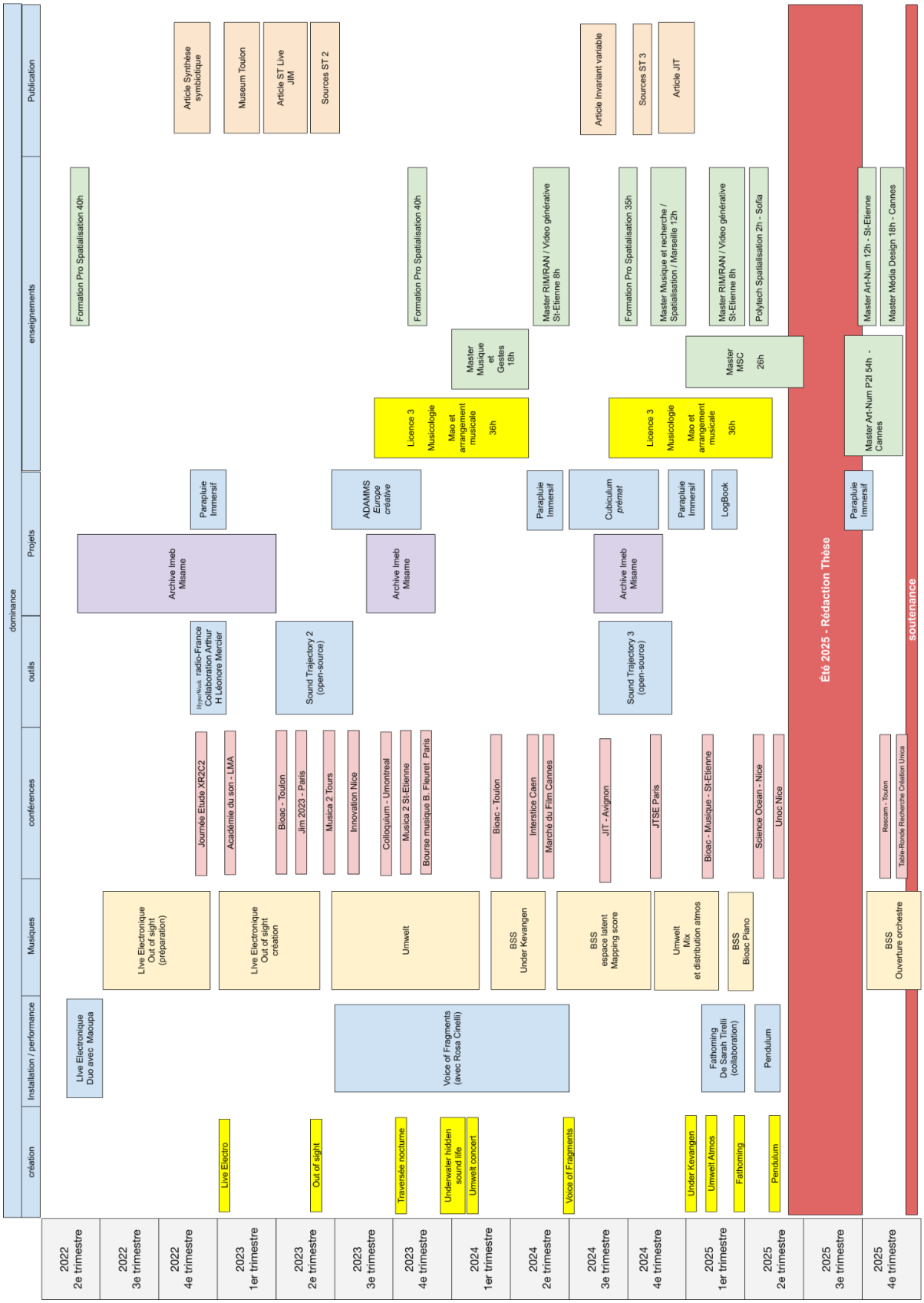
19 Annexes

19.1 accès aux annexes numériques

Les annexes numériques sont accessibles en ligne à l'adresse suivante :

https://www.maxencemercier.com/phd/

19.2 Frise chronologique des activités du doctorat



Frise chronologique des activités du doctorat

19.3 Créations musicales et expositions pendant le doctorat

MERCIER, Maxence. *Umwelt*, mixage Atmos, 45 min min, écoute sur les plateformes https://bfan.link/umwelt , format Atmos disponible sur Apple Music, Amazon et Tidal

MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. *Pendulum*, performance musique et danse, installation interactive avec vidéo et son spatialisé, *inauguration du studio Jean-Paul Belmondo*, campus Méliès Cannes, mai 2025 : https://Maxencemercier.com/pendulum/

TIRELLI, Sarah et MERCIER Maxence. *Fathoming*, installation vidéo immersive, collaboration pour la spatialisation sonore. avril 2025

MERCIER, Maxence et GLOTIN, Hervé. *3D Symphony of the old World*, Electro-bio-acoustic show, *Second Edition of The International Whale Day*, (13 mars 2025)

MERCIER, Maxence. *Under Kevangen*, version courte (10 min), création le 30 janvier 2025 à l'université Jean-Monnet à St-Etienne. https://Maxencemercier.com/under-kaevangen/

MERCIER, Maxence. (Création 2 février 2024), *Umwelt* pour piano, violoncelle et électroniques, à Césaré/Reims (5 pièces de 10 min.) écoute sur les plateformes https://bfan.link/umwelt , format Atmos disponible sur Apple Music, Amazon et Tidal

MERCIER, Maxence et CINELLI, Rosa. *Voices of Fragments*, installation interactive visuelle & sonore, Bastide Rouge, Cannes, juillet 2024 https://xr2c2.univ-cotedazur.fr/voices-of-fragments-making-memories-out-of-a-difficult-heritage

MERCIER, Maxence. *Under Kaevangen*, pièce électroacoustique au Palais des Festivals, Toulon (40 minutes),(création le 2 avril 2024), https://Maxencemercier.com/under-kaevangen/

MERCIER, Maxence et GLOTIN, Hervé. « Electro-bio-acoustic show and the first 3D tracks of six cachalots », *1st edition of The International Whale Day*, Toulon university, (2024, 19th February)

MERCIER, Maxence. *Hidden Underwater Sound Life*, installation sonore, Césaré Reims, Festival Faraway, (du 2 au 15 février 2024) https://www.farawayfestival.eu/projects/underwater-hidden-sound-life-2024/, https://Maxencemercier.com/festival-des-sciences-ocean/

Concert musique électronique improvisée, séminaire improvisation, le 109, Nice, septembre 2023 (concert collectif)

MERCIER, Maxence. *Out of Sight*, Live Électroniques, création au campus Méliès, Grand Plateaux (12 pièces, 5 à 12 min), janvier et mai 2023

MERCIER, Maxence et GLOTIN, Hervé. *Fresque des cétacés*, Exhibition at the Var museum, Toulon : Collaboration in an exhibition about cetaceans and their communication, 50 000 visiteurs, (janvier à novembre 2023)

MERCIER Maxence et MAZZOCCHETTI Maoupa, inside module (1 h), Festival Le Bon air 2022, GMEM, Marseille

MERCIER Maxence, GLOTIN Hervé et MERCIER Léonore, 40 minutes of 3D undersea compositions to Chateauvallon and Liberté Theaters, Toulon during *Passion Bleu* organized by Charles Berling, 2022

MERCIER Maxence, GLOTIN Hervé et MERCIER Léonore, Voyage sur la voix des océans, 16e Congrès Français d'Acoustique de la SFA, Marseille 2022

19.4 Publications articles

MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. « Les invariants variables de l'espace sonore », dans *Pour d'autres espèces d'espaces : penser, produire, pratiquer l'espace en arts numériques*, sous la direction de Claire Chatelet, Paris, Hermann, 2025.

TRUBERT Jean-Francois, MERCIER Maxence et Giuglaris Camille. « Scènes et expérience immersive : vers une dramaturgie visuelle et sonore de l'émergence ». *Journées d'informatique théâtrale*, Oct 2024, Avignon, France. ⟨hal— 05138670⟩

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory version 2 », *dépot logiciel Software heritage*, 2023 https://hal.science/hal-04950075

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory en pratique live », In *Journées d'Informatique Musicales*. Saint-Denis, France, MSH Paris Nord, 2023 https://hal.science/hal-04950064

MERCIER, Maxence. Préambule à une synthèse sonore symbiotique, Tripinlab, 2022 https://www.tripinlab.com/synthese-symbiotique/

MERCIER Maxence, RAZIK Joseph et GLOTIN Hervé. (2015 mai), « Synthèse d'interactions multimodales parcimonieuses pour l'écriture de l'œuvre Iquisme, et l'analyse de ses percepts ». *Journées d'Informatique Musicale*, Montréal, Canada https://hal.science/hal-03104605v1

19.5 Communications colloques/séminaires

MERCIER Maxence, DESCHAMPS Amélie, « Écologie profonde de la recherche création », organisation de table-ronde internationale, Nice, 1er décembre 2025

MERCIER, Maxence, « Traces actives et hétérochronies opératoires : formes de documentation et savoirs situés dans une thèse en recherche-création musicale », *colloque Rescam 2025*, Toulon 6 et 7 Novembre 2025

MERCIER, Maxence, « inPlace et la synthèse spatiale », *23èmes Journées Nationales de la Musique Électroacoustique*, JNME 2025, Cannes, 5 Novembre 2025

MERCIER, Maxence, « L'espace comme paramètre d'écriture », *Séminaire Thèse création*, Toulon, 26 juin 2025

MERCIER, Maxence, « Enregistrements bioacoustiques dans le fjord de Kvænangen », *UNOC2025*, Agora Neptune au Palais des Expositions de Nice, Mai 2025

MERCIER, Maxence, Beyond Sea Skin, *Festival des Sciences Océan,* Nice, Mai 2025

MERCIER, Maxence. « Enregistrements bioacoustiques — Antenne hydrophonique quadriphonique immergée dans le fjord de Kvænangen », *Colloque international « Ecoacoustique/électroacoustique : analyse, représentations, création, médiation »*, Université Jean Monnet (Saint-Etienne), 29-30 janvier 2025, https://youtu.be/RZpS5pfvC_w?si=RK_ICvY-muqp_omtT

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory », *JTSE*, Paris, décembre 2024,

MERCIER, Maxence. Jean-Luc Hervé, Camille Giuglaris, « Sound Trajectory & Système Pré », *JTSE*, Paris, décembre 2024, https://www.linkedin.com/posts/jtse_lors-des-jtse-une-partie-du-dock-haussmann-activity-7287755904370753536-Fr_t?utm_source=share&utm_medium=member_desktop&rcm=ACoAAATnfDoB0V7Bnrm-o-wsgmo7QdwL5b_M0gQ

TRUBERT Jean-Francois, MERCIER Maxence et GIUGLARIS Camille. « Scènes et expérience immersive : vers une dramaturgie visuelle et sonore de l'émergence ». *Journées d'informatique théâtrale*, Octobre 2024, Université Avignon, France.

MERCIER, Maxence. Kevangen, *inauguration du CIAN*, Palais des congrès de Toulon, avril 2024

MERCIER, Maxence. « Underwater Hidden Sound Life », *Journée bioacoustique*, Université de Toulon, 19 février 2024

MERCIER, Maxence et TRUBERT, Jean-François. « Les invariants variables de l'espace sonore », Colloque : *Pour d'autres espèces d'espaces,* Caen, 13 mai 2024

MERCIER, Maxence. « L'immersion sonore, Immersion, Let's Talk the Same Language », *Marché du Film*, Festival de Cannes, 22 mai 2024 (communication collective XR2C2, Charles Meyer, Matteo Treleani, Rosa Cinelli, Maxence Mercier)

MERCIER, Maxence. « L'espace comme paramètre d'écriture à travers les dispositifs de spatialisation sonore », *Journée de restitution des projets de recherche financés par la Société française de Musicologie, l'AFIM et le Ministère de la Culture*, Bibliothèque La Grange-Fleuret, Paris, 1er décembre 2023

MERCIER, Maxence. « L'écriture de la spatialisation sonore », *Journée professionnelle Immersion sonore*, Le Télégraphe, Toulon, 29 novembre 2023

MERCIER, Maxence. « Le fond IMEB BNF/MISAME », *Musica 2*, St-Étienne, 17 novembre 2023

MERCIER, Maxence. « Arborescence de trajectoire spatio-temporelle ramification des différentes branches esthétiques à travers mes réalisations artistiques », *Colloquium d'études supé-*

rieures en composition sonores, Faculté de musique, Université de Montréal, Canada, 5 octobre 2023 https://colloquium-compo.musique.umontreal.ca/archives/archives2023.html#conf18

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory : an open source software for spatial audio », *Digital Week Unica*, Nice, 14 juin 2023

MERCIER, Maxence. « Sound Trajectory en pratique Live », *Journée d'informatique musicale*, Paris, 2023, MHS

MERCIER, Maxence. « Workshop Sound Trajectory », *Journée d'informatique musicale,* Paris, 2023, MHS

MERCIER, Maxence. « La formation à l'écriture de la spatialisation sonore », *Consortium Académie du Son*, LMA Marseille, décembre 2022