L'improvisation musicale électroacoustique : enjeux et problématiques du développement des technologies numériques

João Eduardo Dias Fernandes

▶ **To cite this version:**

João Eduardo Dias Fernandes. L'improvisation musicale électroacoustique : enjeux et problématiques du développement des technologies numériques. Musique, musicologie et arts de la scène. Université Paris 8 Vincennes - Saint Denis, 2019. Français. NNT : . tel-02944896

HAL Id: tel-02944896
https://hal.science/tel-02944896

Submitted on 21 Sep 2020

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

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

UNIVERSITÉ PARIS 8 - VINCENNES – SAINT-DENIS

UFR ARTS, PHILOSOPHIE ET ESTHÉTIQUE

ÉCOLE DOCTORALE ESTHÉTIQUE, SCIENCES ET TECHNOLOGIES DES ARTS

Laboratoire MUSIDANSE

Thèse

Pour obtenir le grade de docteur en

Esthétique, Science et Technologie des Arts - spécialité Musique

Présentée et soutenue publiquement par

João Eduardo Dias Fernandes

L'improvisation musicale électroacoustique : enjeux et problématiques du développement des technologies numériques

Directeur de thèse : Makis Solomos

Soutenue le 2 décembre 2019

Composition du Jury :

M. Lorenzo BIANCHI HOESCH, artiste-compositeur, Professeur au Conservatoire du Pays de Montbéliard, membre du jury

Mme. Christine ESCLAPEZ, Professeure des Universités, Aix-Marseille Université, rapporteure

M. Martin LALIBERTÉ, Professeur des Universités, Université de Paris Est Marne la Vallée, rapporteur

Mme. Isabel PIRES, Professeure auxiliaire invitée, Université Nova de Lisbonne, membre du jury

Para o meu pequeno Dudu
com quem improviso cada dia

Remerciements

Ma pratique d'improvisateur, centrale dans cette thèse, ne pourrait pas avoir lieu sans l'interaction musicale, intellectuelle, humaine, constante avec mes collègues improvisateurs. Je remercie tous les musiciens qui m'ont nourri de ces expériences, en particulier mes collègues d'*Unmapped* : Emanuele Battisti, Kevin Gironnay, Jérémy Labelle, William Goutfreind, Andrea Gozzi, Dionysos Papanicolau, Olavo Vianna, Julien Vincenot, Thomas Wittek, avec un remerciement spécial à Gabriel Peraza, collègue et ami d'*Electrologues.* Du travail avec lui sont nées les réflexions autour de l'improvisation qui m'ont amené à considérer la réalisation de cette thèse. Je remercie également mes collègues de *Grand8 :* Julie Avril, Bastien Boni, Raymond Boni, Laurent Charles, Emmanuel Cremer, Cati Delolme, Catherine Jauniaux, Philippe Lemoine, Vincent Lajü, Soizic Lebrat, Guillaume Lys, Vincent Roussel, Geneviève Sorin, Nicolò Terrasi, Ed Williams, François Wong, et tous les autres musiciens qui sont passés par ce projet.

Je remercie vivement mes amis relecteurs qui ont réalisé un travail important d'interprétation de mes textes : Céline Barthonnat, Gaëlle Dabet, Judith Dehail, Caroline Donati, Céline Fouga, Kevin Gironnay, William Goutfreind, Céline Guilleux, Nicolas Jacquot, Jennifer Kirkoz, Soizic Lebrat, François Pacaud, Pénelope Patrix, Luigia Parlati, Emily Tagliaro, Thomas Wittek et Elsa Zotian.

Merci à tous mes collègues doctorants de Paris 8 et ailleurs, Ariadna, Alejandro, Alejandro Gomez, José Luis, Kumiko, Louise, Namur, Stefano avec lesquels j'ai cheminé dans ce parcours.

Je remercie l'équipe du GMEM pour l'accueil reçu lors de mon stage et pour le suivi, en particulier de Charles Bascou, Christian Sebille et Sarah Olaya. Je remercie aussi toute l'équipe du laboratoire NICS de Campinas, spécialement Tiago Tavares, Jônatas Manzolli, Stéphan Schaub et Rafael Mendes.

Je remercie vivement tous les membres du jury pour l'attention qu'ils ont accordée à mon travail et je suis très reconnaissant envers M. Makis Solomos, qui m'a guidé, avec son accompagnement et son engagement, dans la réalisation de cette thèse. Un mot de

remerciement aussi à M. Antonio de Sousa Dias pour sa disponibilité au début de ce doctorat, lorsqu'on imaginait la co-tutelle qui n'a pas pu se réaliser.

Cette thèse n'aurait pas eu lieu sans le soutien de ma famille qui a toujours crû en moi. Un grand merci à mes parents. Obrigado Mamã e Papá !

Finalement, je tiens à remercier chaleureuesement Luigia, qui m'a accompagné quotidiennement dans ce long parcours. Cette thèse est aussi le résultat de toutes nos doutes, certitudes, discussions académiques, non académiques et de toutes nos aventures comme doctorants et puis comme parents.

Résumé et mots-clés

Cette thèse en recherche-création est centrée autour de l'exploration des besoins des musiciens dans le cadre de la pratique de l'improvisation musicale électroacoustique. Cette réflexion a été menée à partir d'un travail d'observation participante au sein de différents ensembles musicaux. Elle vise aussi à présenter les stratégies adoptées dans le développement des outils numériques d'un instrument de notre création. Comment la pratique de l'improvisation libre dans la musique électroacoustique fonctionne-t-elle et quelles sont les connaissances nécessaires pour la réaliser ? Pour aborder cela, cette thèse explore plusieurs pistes : d'abord en considérant la situation de la performance elle-même, et en interrogeant les raisons musicales et extramusicales qui entourent une action improvisée. Ensuite, cette recherche s'articule autour de l'étude des caractéristiques d'un instrument numérique, dont l'aspiration consiste à détenir la même souplesse que les instruments acoustiques. Le volet « création » de cette thèse se décline à travers le développement d'un instrument numérique qui est notamment doté d'un système de recommandation des échantillons sonores. Il est utilisé dans des situations d'improvisation avec plusieurs ensembles, qui constituent le corpus des données de ce travail. Pour finir, cette thèse cherche à caractériser l'improvisation musicale à travers les nombreuses interactions qui se produisent lors d'une performance. La recherche a donc pour objectif d'offrir un cadre, pratique et théorique, pour l'utilisation et pour l'exploration des outils numériques contemporains à destination des musiciens qui pratiquent l'improvisation libre collective.

Mots-clés : improvisation libre ; musique électroacoustique ; lutherie numérique ; interaction ; systèmes complexes ; création musicale ; instrument de musique

Abstract and keywords

This research/creation thesis is centred on the exploration of musicians' needs for the practice of electroacoustic music improvisation. This investigation was conducted through participant observation with different musical ensembles. It also presents the strategies adopted for the development of digital tools in the case of a created musical instrument. How does the practice of free improvisation in electroacoustic music work and what knowledge is needed to achieve free improvisation? To answer these questions, several paths were taken: for example considering the context of the performance and by challenging the musical and extramusical aspects surrounding the improvised action. Furthermore, this research deployed a study of the characteristics of a digital instrument that endeavours to possess the same flexibility as acoustic instruments. The "creation" component of this thesis is through the development of a digital instrument (*RJ*). This instrument is implemented with a sound samples recommendation system. It was used in situation of improvisation with several ensembles, which form part of the *corpus* of data of this thesis. Lastly, this thesis seeks to characterize musical improvisation through the multiple interactions that occur during an improvised performance. The research therefore provides a practical and theoretical framework for the use and exploration of contemporary digital tools for musicians, which practice collective free improvisation.

Keywords: free improvisation ; electroacoustic music ; digital lutherie ; interaction ; complex systems ; digital music creation ; musical instrument

Sommaire

Remerciements **3**
Résumé et mots-clés **5**
Abstract and keywords **6**

Sommaire **7**

Introduction générale **11**

Partie 1 Concepts et problématiques de l'improvisation musicale **23**
Introduction à la première partie **25**
Chapitre 1 L'improvisation musicale **26**
1.1 Étymologie et nécessité historique de la notion 27
1.2 L'émergence de l'improvisation libre 31
1.3 Caractérisation de l'improvisation musicale 39
1.4 Une hétérogénéité des pratiques 43
Chapitre 2 Improvisation et complexité **67**
2.1 Complexités et systèmes complexes 68
2.2 Caractérisation des systèmes complexes 72
2.3 Les interactions entre les constituants du système 95
Chapitre 3 L'improvisation musicale selon la perspective de la cognition **113**
3.1 Les paradigmes de la cognition 114
3.2 L'enaction et la production collective du sens 117
3.3 La cognition musicale incarnée, située et élargie 122
3.4 L'évolution de l'improvisation musicale 125
Conclusions de la première partie **129**

Partie 2 L'improvisation musicale et la technologie **131**
Introduction à la deuxième partie **133**
Chapitre 4 Musique électroacoustique improvisée et lutherie numérique **134**
4.1 Le rôle de la technologie dans la création musicale 135
4.2 Le temps réel et le temps différé 143
4.3 L'improvisation musicale mixte 146
4.4 Les nouvelles technologies sur scène 151
4.5 Les enjeux de la lutherie numérique 156
4.6 D'autres approches dans l'improvisation avec la technologie 182

4.7 Esthétiques de l'improvisation électroacoustique et mixte 188
4.8 Le paradoxe de l'enregistrement de l'improvisation 192
4.9 Obsolescence, pérennité et disponibilité de l'instrument 198
4.10 Limites et problèmes de la technologie dans la création musicale 202
Chapitre 5
Les improvisateurs et leurs instruments numériques : études de cas 207
5.1 La recherche gestuelle et sonore de Lorenzo Bianchi Hoesch 207
5.2 Improviser en binômes : le collectif Unmapped 245
5.3 Gabriel Peraza et le projet Electrologues : une improvisation en duo 278
5.4 Conclusions des analyses 283
Conclusions de la deuxième partie 285
Partie 3 Développement des outils numériques pour l'improvisation musicale électroacoustique 287
Introduction à la troisième partie 289
Chapitre 6 Écriture et contrôle de la synthèse granulaire sur surface tactile 291
6.1 La synthèse granulaire : une recherche au GMEM 292
6.2 Le paradigme granulaire 293
6.3 Granulator – logiciels et applications 303
6.4 Granulator – Interface gestuelle 310
6.5 Granulator – moteur sonore 318
6.6 Performativité de Granulator 328
Chapitre 7 Le processus de création d'un instrument numérique pour l'improvisation : *RJ* 331
7.1 Étapes de développement 332
7.2 La performance avec les ordinateurs 333
7.3 L'intégration des interfaces gestuelles dans Rj 335
7.4 L'interface du moteur sonore 339
7.5 Les modules audio 350
7.6 Le signal audio comme contrôleur paramétrique 378
7.7 L'obsolescence, la disponibilité et la pérennité de l'instrument 382
Chapitre 8
Le développement d'un système d'intelligence computationnelle 387
8.1 La récupération d'informations musicales 388
8.2 La recommandation automatique d'échantillons 389
8.3 PyMIR – Python Music Information Retrieval 391

8.4 Description de l'interface utilisateur 393
8.5 Le backend 397
8.6 L'intergiciel 398
8.7 La gestion des échantillons sonores 399
8.8 Application et évaluation de l'instrument 400
Chapitre 9 Les instruments numériques en action : analyses des jeux 403
9.1 Modèles d'analyse de l'improvisation libre et électroacoustique 403
9.2 La session d'improvisation d'Unmapped 407
9.3 Enjeux de l'improvisation en duo : l'expérience d'Electrologues 417
Conclusions de la troisième partie 423
Conclusions générales 425
Bibliographie 431
Table des matières 453
Table des illustrations 461
Liste d'exemples multimédia 464
Annexes 465

Introduction générale

Cãntygua sua partindosse de Cláudio Carneyro était la deuxième pièce du programme que je devais chanter à l'occasion du récital du cours d'Éducation Vocale, le 18 mai 2001[1]. À l'époque, les étudiants de deuxième année de musique de l'Institut Grégorien de Lisbonne interprétaient, dans le cadre de ce cours, le répertoire de l'examen lors de petites représentations publiques. Ce jour-là, j'étais accompagné au piano par le professeur Eurico Rosado. Après son introduction, mon entrée n'était pas facile car elle commençait directement par une dissonance. J'étais tendu, mais elle s'était finalement bien déroulée, de même que les mesures suivantes. Jusqu'à ce que, soudain, mon cerveau se vide comme une bouteille sans fond. Je n'avais plus aucune idée des notes qui suivaient, j'avais en tête uniquement des bribes du texte que je venais de prononcer. Le public, de son côté, semblait suivre ma performance sans étonnement, comme si tout se déroulait comme prévu. En l'espace de ces quelques secondes, qui m'ont semblé une éternité, j'ai décidé de ne pas arrêter et de faire face à l'imprévu, à ce « blanc ». J'ai donc continué à chanter pendant un moment, en improvisant, sans aucune idée de la façon dont je poursuivrais, essayant de comprendre et de suivre l'accompagnement du professeur Eurico. Finalement, j'ai réussi à me rappeler d'une partie de la pièce, et je suis revenu sur la bonne piste, la piste écrite, jusqu'à la fin. Une fois sorti de scène, Elsa Cortez, ma professeure d'Éducation Vocale, m'a accueilli à la porte de la salle de classe par un éclat de rire. Le pianiste, les yeux écarquillés, n'avait pas de mots pour expliquer ce qui s'était passé.

L'enseignement de la musique dans des institutions telles que les conservatoires ou l'Institut Grégorien de Lisbonne[2] ne prévoyait pas l'étude ou la pratique de

[1] J'ai choisi d'ouvrir cette introduction avec un épisode autobiographique et pour cela j'ai opté pour une écriture à la première personne du singulier. Par contre, à partir de la première partie - et cela pour tout le reste du texte - je vais employer le « nous » pour un registre plus académique.

[2] J'ai réalisé ma formation musicale à l'Institut Grégorien de Lisbonne, où j'ai suivi le cursus supplétif d'orgue. Ce cours est composé de huit années et comporte des matières telles que : Formation Musicale, Orgue, Musique d'ensemble (chœur), trois ans d'Histoire de la Musique, Analyse et techniques de composition, Chant Grégorien,

l'improvisation ; cela entretenait parmi les étudiants une peur généralisée face à cette possibilité – devoir improviser. Ma formation de pratique instrumentale de l'orgue constituait une exception à cet égard, puisque ce cours de huit ans comprenait deux années de la discipline « Accompagnement et Improvisation »[3]. Des modèles y étaient étudiés afin d'apprendre à improviser dans le style d'une époque donnée. Pourtant, l'étude de ces modèles ne m'avait pas aidé à faire face au « vide » de l'expérience racontée plus haut. Il y avait donc plusieurs types d'improvisation, qui n'étaient pas tous prévus dans un cours d'étude. Je suis dès lors parti à la recherche d'outils qui allaient pouvoir m'aider à me rapporter à une improvisation libre. Si cette improvisation, telle que je la pratique aujourd'hui, est arrivée beaucoup plus tard dans mon parcours musical, un regard rétrospectif sur ma formation permet de montrer que cette recherche a finalement abouti sur l'improvisation musicale électroacoustique, qui est l'objet de cette thèse.

Après l'Institut Grégorien, ma formation musicale s'est poursuivie avec le cours de composition à l'École Supérieure de Musique de Lisbonne, où la musique électroacoustique avait déjà fait son entrée (histoire, composition, informatique musicale). Mais mon réel intérêt pour l'improvisation électroacoustique viendra suite au master en *Création musicale avec des moyens informatiques*, réalisé en 2008 à l'ESMUC de Barcelone. C'est là que, accompagné de plusieurs collègues partageant les mêmes objectifs de recherche, j'ai commencé l'expérimentation électroacoustique. C'est aussi dans ce cours que j'ai commencé à concevoir un instrument numérique pour la composition de mes œuvres électroacoustiques et mixtes.

Puis, mon arrivée à l'Université Paris 8 m'a permis de réaliser une pratique constante de l'improvisation en collectif, avec les ensembles appelés *Unmapped* et *Electrologues*. Avec ces groupes, comme je le détaillerai dans cette thèse, j'ai développé l'utilisation de mon instrument numérique ; surtout, cela m'a permis d'entretenir une intense activité de discussion et d'échanges autour de l'improvisation, lors de nos répétitions et concerts.

Dans la poursuite de ces études en doctorat, le thème initialement choisi pour ma thèse

---

etc. Ce cours peut remplacer les disciplines spécialisées au collège et au lycée.

[3] Le programme actuel (en portugais) est disponible à l'adresse : « Programa de acompanhamento e improvisação », http://www.institutogregoriano.pt/NEWprogAcompImprov.pdf, consulté le 13 août 2019.

était axé sur des méthodes de musicologie computationnelle avec le développement d'outils d'analyse musicale pour l'extraction de données, dans le but de servir à la création musicale. Ce commentaire de Luciano Berio sur l'analyse et la composition éclairait ma démarche :

> « La meilleure façon d'analyser et de commenter quelque chose est, pour un compositeur, de faire quelque chose de nouveau en utilisant le matériau de ce qu'il veut analyser et commenter. »[4]

Le développement informatique du projet se déroulait en même temps que la progression de mon instrument numérique d'improvisation et la multiplication des performances avec les groupes d'improvisation. Le stage que j'ai effectué au sein du Groupe de musique expérimentale de Marseille (GMEM) a donné le ton au changement d'orientation de ce projet de recherche. Ce stage a eu pour objet le développement d'un outil expressif pour le contrôle de la synthèse granulaire, avec la création d'un nouvel instrument numérique.

Je me retrouvais donc en 2013 avec deux projets parallèles de développement en informatique musicale : d'un côté la musicologie computationnelle en doctorat, de l'autre, la lutherie numérique pour le stage et pour ma pratique personnelle de l'improvisation électroacoustique. Celle-ci devenait de fait très prenante et je sentais la nécessité d'abandonner l'analyse musicale computationnelle pour retrouver les questions qui m'avaient interpelées depuis le récital de 2001 : quels outils pour improviser dans l'expérience pratique du collectif, en situation, avec d'autres improvisateurs ? Comment ne pas avoir peur du « blanc » mais au contraire faire de cette éventualité un élément de création et d'expérimentation ? J'ai essayé de répondre à ces problématiques avec cette thèse en recherche-création sur la pratique de l'improvisation libre électroacoustique.

[4] Luciano BERIO, *Entretiens avec Rossana Dalmonte : écrits choisis*, Éditions Contrechamps, 2010, p. 82.

Problématique

En regardant l'étymologie du mot improvisation, l'expérience que j'ai racontée au début de cette introduction a été appliquée à la lettre : le verbe latin *improvidere* signifie faire face à l'imprévu, réagir sur le moment à une situation nouvelle sans préparation antérieure. Ce genre de situation se produit souvent dans la vie musicale des artistes, parfois sans le vouloir. C'est aussi un aspect que les musiciens recherchent dans la pratique de l'improvisation musicale, comme dans le cas de la performance électroacoustique dont je parle dans ce texte. Mais comment fonctionne cette pratique ? Et quelles sont les connaissances nécessaires pour faire de l'improvisation électroacoustique ? Pour aborder ces macro-questions, je suivrai plusieurs pistes qui offriront chacune des éléments importants de réponse.

En premier lieu, il faut considérer la situation de la performance elle-même. Comment une improvisation « arrive » ? Je me demanderai donc quelles sont les propriétés musicales et extra-musicales qui sont autour d'une action improvisée.

Dans un second temps, je circonscrirai la problématique au domaine de l'électroacoustique. Dans ce cadre, pour que le musicien électroacoustique puisse participer à une performance impliquant une réaction immédiate aux *stimuli* sonores, il a besoin des outils adéquats. Quels outils sont nécessaires pour produire les sons électroacoustiques dans ces conditions ? Quelles sont les caractéristiques attendues de l'instrument numérique pour obtenir la même souplesse que les instruments acoustiques ? Mais aussi, comment la technologie peut-elle améliorer les performances électroacoustiques ?

Je vais essayer de répondre à ces questions à partir de la vaste bibliographie qui existe dans ce domaine, en croisant des approches propres à la musicologie avec les sciences cognitives et les sciences informatiques, mais je considère que la réponse principale à cette problématique sera amenée par le développement et la création de mon instrument numérique (que je vais appeler *RJ*[5]).

[5] Les initiales utilisées pour le nom de l'instrument n'ont aucune signification particulière. À un moment donné du

Cadre théorique

L'improvisation libre, telle qu'elle se pratique aujourd'hui, provient d'une histoire récente. Toutefois, faire de la musique, dans de nombreux endroits du monde, inclut d'autres formes d'improvisation, tandis que diverses terminologies sont utilisées dans les musiques comportant des éléments improvisés. Cette thèse commencera par la clarification de ces différentes notions à partir des travaux approfondis de plusieurs spécialistes.

L'investigation historique autour du concept d'improvisation puise dans les travaux de plusieurs auteurs – Denis Laborde[6], Lydia Goehr[7], Clément Canonne[8] entre autres – qui montrent la nécessité historique du terme. Concernant son histoire récente au sein de la tradition musicologique, je m'appuierai en particulier sur l'article de Carl Dahlhaus[9] sur l'improvisation. Dahlhaus montre comment l'improvisation s'est émancipée de la composition, souvent considérée comme une pratique opposée. Dans ce prolongement, je considérerai également l'étude de Jeff Pressing[10] où il établit un *continuum* entre la pratique de l'improvisation libre et la composition absolue. De cet auteur je retiendrai le concept de « référent » qui guide différentes pratiques d'improvisation non libre.

Dans cette thèse, j'entends aussi la pratique de l'improvisation située dans un environnement, avec lequel elle interagit continuellement. L'improvisation ne peut pas être dissociée du contexte dans lequel elle est exécutée et chaque élément est important

---

développement de l'instrument, il est simplement devenu nécessaire de nommer les fichiers et les dossiers afin de les différencier d'autres modules utilisés à d'autres fins. Donc, en choisissant un (ou le) mot aléatoire (*Random*), j'ai ajouté l'initiale de mon prénom. L'instrument a été donc nommé *RJ.*

[6] Denis LABORDE, *Le bertsulari : improvisation chantée et rhétorique identitaire en pays Basque*, thèse de doctorat, Paris, EHESS, 1993.

[7] Lydia GOEHR, *The imaginary museum of musical works: an essay in the philosophy of music*, Rev. ed., Oxford, Oxford Univ. Press, 2007, 314 p;

Lydia GOEHR, « Improvising Impromptu, Or, What to Do with a Broken String », *in* George LEWIS et Benjamin PIEKUT (eds.), *The Oxford handbook of critical improvisation studies. Volume 1: ...*, New York, Oxford University Press, coll. « Oxford handbooks », 2016, p.

[8] Clément CANONNE, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre », *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music*, 2016, vol. 47, nº 1, pp. 17-43.

[9] Carl DAHLHAUS, « Qu'est-ce que l'improvisation musicale ? », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, Lucille LISACK et Marion SIÉFERT (trad.), 1 mai 2010, nº 18, pp. 181-196.

[10] Jeff PRESSING, « Cognitive Processes in Improvisation », *in Advances in Psychology*, pp. 345-363.

Jeff PRESSING, *Improvisation: Methods and Models*, Oxford, Oxford University Press, 2001.

pour la performance et pour l'émergence du son. Je constate que les musiciens ont des expériences différentes, des origines musicales différentes, des objectifs différents. On voit que chaque concert est unique parce que les conditions sont différentes pour chaque événement. Cependant, la performance fonctionne, avec des résultats toujours différents, malgré cette hétérogénéité des éléments. Pour expliquer ce phénomène, on doit comprendre comment toutes ces parties interagissent afin de produire un flux sonore cohérent. Pour examiner l'improvisation sous cet angle, je m'appuierai sur la théorie des systèmes complexes où le concept fondamental est l'interaction (Marc Trestini[11]). Concernant la composition, Horacio Vaggione examine la complexité dans l'interaction entre les différents niveaux de temporalité et utilise le concept de réseaux[12]. En ce qui concerne l'improvisation, je considérerai également les travaux de Marcel Cobussen[13] et David Borgo[14], qui utilisent la notion d'actant de Bruno Latour pour analyser chaque élément, remettant ainsi en question l'importance unique de l'action de l'homme dans le système. Dans ce sens, le concept d'enaction proposé par Francisco Varela[15] permettra lui aussi d'établir que chaque action humaine dépend de l'environnement dans lequel elle se situe.

Ce projet cherche à comprendre quelles sont les conditions qui rendent possible l'improvisation musicale électroacoustique et mixte. Il est nécessaire de comprendre le temps réel des technologies musicales nécessaires à la lutherie numérique. Ce n'est que dans cette temporalité qu'il est possible d'utiliser ces outils pour l'improvisation. Pour cela, on s'attachera à prendre en compte plusieurs éléments structurants du processus d'improvisation, tels que : la redéfinition de l'instrument musical par le numérique, et par conséquent, de la nature du geste musical de l'instrumentiste (Martin Laliberté[16],

---

[11] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, HDR, Université de Strasbourg, 2016.

[12] Horacio VAGGIONE, « Some Ontological Remarks about Music Composition Processes », *Computer Music Journal*, 2001, vol. 25, nº 1, pp. 54-61

Horacio VAGGIONE, « Composition musicale : représentations, granularités, émergences », *Intellectica*, 2008, vol. 48, nº 1, pp. 155-174, doi:10.3406/intel.2008.1244.

[13] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, Leiden University Press (LUP), 2017.

[14] David BORGO, « Sync or Swarm: Musical Improvisation and the Complex Dynamics of Group Creativity », *in* Kokichi FUTATSUGI, Jean-Pierre JOUANNAUD et José MESEGUER (dir.), *Algebra, Meaning, and Computation, Essays Dedicated to Joseph A. Goguen on the Occasion of His 65th Birthday*, Springer-Verlag, pp. 1-24.

[15] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit : sciences cognitives et expérience humaine*, Véronique HAVELANGE (trad.), Paris, Seuil, 1993.

[16] Martin LALIBERTÉ, « À la recherche du nouvel instrument », *Entretemps*, 1992, vol. 10, pp. 139-182.

Marcelo Wanderley[17]) ; les caractéristiques que l'instrument numérique doit comporter pour être utile à l'improvisation musicale ; la situation de performance (Mark Zadel[18]), et la relation entre l'instrument, le son produit et le public (Agostino Di Scipio[19], Makis Solomos[20]).

Méthodologie

Cette thèse est donc née de l'association entre un projet de recherche et une réflexion sur et par ma propre pratique de l'improvisation électroacoustique. En posant les choses de cette manière, il m'a semblé nécessaire de clarifier le sens d'un parcours de recherche-création et son application au sujet choisi. Quelle est la différence entre les thèses théoriques et celles de recherche-création ? Quelle est la signification de « création » pour l'improvisation dans ce contexte ? Quel est le projet de recherche-création d'un improvisateur ? Cette approche de la thèse est assez récente en France et plusieurs débats sur le sujet sont en cours. On trouve des définitions plus élaborées du côté des universités canadiennes, où ce type de doctorat est bien implanté et où il existe une bibliographie sur le sujet. On rencontre notamment deux définitions d'un projet de recherche-création :

> « Approche de recherche combinant des pratiques de création et de recherche universitaires et favorisant la production de connaissances et l'innovation grâce à l'expression artistique, à l'analyse scientifique et à l'expérimentation. Le processus de création, qui fait partie intégrante de l'activité de recherche, permet de réaliser des œuvres bien étoffées sous diverses formes d'art. La recherche-création ne peut pas se limiter à l'interprétation ou à l'analyse du travail d'un créateur, de travaux traditionnels de développement technologique ou de travaux qui portent sur la conception d'un

[17] Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music*, Ircam, Centre Pompidou, 2000.

[18] Mark ZADEL et Gary SCAVONE, « Laptop performance: Techniques, Tools, and a New Interface Design », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 2006, pp. 643–648.

[19] Agostino DI SCIPIO, « « Sound is the Interface »: From Interactive to Ecosystemic Signal Processing », *Organised Sound*, décembre 2003, vol. 8, nº 3, pp. 269–277, p. 274 cité par Makis SOLOMOS, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Paris*, 2005, Université Paris 8, MSH Paris Nord, p. 10.

[20] Makis SOLOMOS, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *Proceedings of the JIM, Paris*, 2005, p. 10.

curriculum. »[21]

Sophie Stévance et Serge Lacasse présentent de leur côté une autre définition du projet de recherche-création, qui :

> « consiste en la mise en place d'espaces de dialogues et d'échange, sur la base des stratégies discursives appliquées, entre la recherche scientifique et la création artistique. Un projet de recherche-création correspond donc à une démarche de recherche établie à partir d'un processus de création ou à travers celui-ci, encourageant dans son sillon la diffusion double d'une production artistique et d'un discours de nature théorique[22]. »

Les auteurs décrivent les problèmes couramment rencontrés par les projets dans ce domaine. Le premier problème est que le processus de création n'est pas une recherche scientifique : l'expérimentation dans les arts ne doit pas être confondue avec la rigueur méthodologique de la recherche scientifique. Le second est qu'une performance n'est pas équivalente à un article scientifique. Le troisième point soulève le risque d'en faire une présentation autobiographique ou une autopoïèse de l'artiste, alors que la discussion sur la création doit avoir une diversité de points de vue et pas seulement celle de l'artiste. Enfin, le quatrième point montre l'importance de la discussion autour du projet au détriment de l'activité artistique isolée. Dans cette thèse, j'essaie d'éviter ces écueils, notamment en prenant en compte l'insertion de mon point de vue dans l'analyse (plutôt que de le « neutraliser » faussement), en multipliant les points de vue sur le processus créatif – ce que permet bien l'improvisation en collectif – et en tentant de confronter ce dernier de façon rigoureuse au développement de la recherche.

De nombreuses réflexions sur ce sujet sont également en cours au sein de mon laboratoire, MUSIDANSE, animées entre autres par Alain Bonardi, Guillaume Loizillon, Laurent Pichaud, Anne Sedes[23]. Je reviendrai sur ces contributions importantes et sur les façons dont elles ont nourri cette thèse.

À partir de ces définitions et problématisations d'un projet de recherche-création, j'ai élaboré la méthodologie à adopter.

---

[21] Conseil de recherches en sciences humaines GOUVERNEMENT DU CANADA, *Conseil de recherches en sciences humaines*, http://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programs-programmes/definitions-fra.aspx#a25, consulté le 4 août 2019.

[22] Bianca DE MARIO, « Sophie Stévance et Serge Lacasse, Les enjeux de la recherche-création en musique : Institution, définition, formation », *Les Cahiers de la Société québécoise de recherche en musique*, 2014, vol. 15, nº 2, pp. 99-102, p. 101.

[23] Cf. la retranscription de certains débats dans « Activités MUSIDANSE 2019 », https://mensuel.framapad.org/p/1Rp9gRQtjI, consulté le 5 septembre 2019.

Dans une première phase de la recherche, il a été fondamental de remettre en question les concepts fondamentaux de la thèse. Dans le titre de ce texte, on reprend immédiatement deux de ces concepts : l'improvisation musicale et la musique électroacoustique. Un long travail d'investigation de la description et de l'évolution historique du phénomène de l'improvisation musicale a été donc nécessaire. Cette étude a pour but d'observer l'improvisation musicale en tant que musicien-performeur, c'est-à-dire « de l'intérieur ». En même temps, j'ai cherché à mener une analyse globalisante pour observer chaque élément participant à la performance. J'ai utilisé en ce sens une méthode d'observation participante[24] où ma pratique en collectif a servi à évaluer et à confirmer les théories appliquées. Dans ce cadre, j'ai enregistré en audio et parfois en vidéo les nombreuses répétitions réalisées avec les ensembles *Unmapped*, *Electrologues* et *Grand8.* L'observation a été souvent résumée dans des comptes rendus de nos sessions de travail, où les exercices ont été décrits et où les témoignages des intervenants ont été recueillis. J'ai interviewé à différentes reprises les membres de ces trois ensembles pour multiplier les perspectives autour de la pratique de l'improvisation, en essayant de faire émerger leurs « théories ordinaires[25] ». L'accès à toute la correspondance électronique ainsi qu'aux documents de travail en commun ont permis de nourrir l'analyse des discours et des savoirs faire des musiciens, dans un contexte relationnel.

Dans une seconde phase de ce travail, j'ai effectué une exploration organologique du travail de lutherie numérique de plusieurs artistes, à la fois compositeurs et improvisateurs. J'ai choisi des musiciens dont les recherches dans le domaine de la lutherie numérique ont eu une influence directe ou indirecte sur l'élaboration de mon instrument. Le choix s'est concentré sur différentes études de cas, offrant des perspectives hétérogènes sur la lutherie numérique. L'analyse de divers instruments a permis l'application des théories développées très récemment autour de la nouvelle lutherie. Ces analyses ont été réalisées en s'appuyant sur la description des codes de

---

[24] « L'observation participante est réalisée en contact direct, fréquent et prolongé du chercheur, avec les acteurs sociaux, dans leurs contextes culturels, en étant le chercheur lui-même un instrument de recherche. Il doit éliminer les déformations subjectives afin de pouvoir comprendre les faits et les interactions entre les sujets observants dans leur contexte. Il est donc souhaitable que le chercheur ait acquis une formation à ses compétences et à son aptitude à utiliser cette technique. » *in* Lisete MÓNICO, Valentim ALFERES, Paulo DE CASTRO et Pedro PARREIRA, « A Observação Participante enquanto metodologia de investigação qualitativa », *Atas Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa 2017*, 1 juillet 2017, pp. 724-733.

[25] Emmanuel PEDLER et Jacques CHEYRONNAUD, *Théories ordinaires*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Enquête, n° 10, 2013.

programmation, sur de longs entretiens avec des artistes comme Lorenzo Bianchi Hoesch, Olavo Vianna, Julien Vincenot et Kevin Gironnay, et sur une expérimentation directe avec des instruments numériques.

Pendant toute la durée du doctorat, j'ai effectué un travail continu de développement de l'instrument de musique numérique préalablement mentionné : ce processus créatif a été en résonance constante avec le travail de recherche et de bibliographie et la mise à l'épreuve des théories convoquées dans la thèse. Ce *work in progress* qui caractérise par ailleurs la lutherie numérique a pu aussi avancer en particulier grâce à deux stages de recherche, qui ont eu lieu au début et à la fin du parcours doctoral. Le premier s'est déroulé à Marseille au sein du GMEM-CNCM (Groupe de musique expérimentale de Marseille)[26] et le second à l'Université de Campinas au Brésil (au NICS, Laboratoire interdisciplinaire de communication sonore)[27]. Le travail effectué dans ces deux centres a permis de réaliser deux implémentations majeures dans cet instrument numérique. Ces étapes n'étaient pas prévues dans le projet de thèse initial, mais elles ont permis d'introduire de nouvelles perspectives méthodologiques, ainsi qu'une nouvelle interface gestuelle pour l'instrument et une méthode de recommandation automatique d'échantillons sonores.

[26] Ce stage a été réalisé sous l'orientation de Charles Bascou. D'ailleurs, dans ce stage, nous avons eu l'opportunité de travailler en tant que RIM (Réalisateur informatique musicale) pour le compositeur Aurélien Dumont.

[27] Cette période de recherche au NICS a été réalisée sous la direction des professeurs Tiago Tavares, Stéphan Schaub et Rafael Mendes.

Plan de la thèse

Cette thèse se divise en trois parties : la première présente un état des lieux des recherches sur l'improvisation musicale. Dans le **premier chapitre**, une analyse historique de cette pratique est proposée, visant à comprendre les développements actuels de l'improvisation libre. Dans le **deuxième chapitre**, j'essaye d'expliquer le phénomène de l'improvisation libre en appliquant les caractéristiques principales de la théorie des systèmes complexes à la pratique de l'improvisation libre. Dans le **troisième chapitre**, je cherche à comprendre comment fonctionne le processus de création de l'instrumentiste lorsqu'il improvise. Je pars de la théorie de l'enaction selon Varela, pour expliquer comment le musicien présent dans le monde guide ses actions musicales et comment il transforme son environnement en même temps que celui-ci agit sur lui.

La deuxième partie de ce texte est consacrée aux technologies appliquées à l'improvisation musicale. Dans le **quatrième chapitre**, je fais un résumé historique de la technologie numérique permettant l'émergence de la musique électroacoustique et mixte jusqu'à l'arrivée des nouvelles lutheries numériques. Ensuite, j'aborde quelques changements et évolutions que les technologies ont apportées à l'improvisation musicale. Le **cinquième chapitre** est consacré à l'analyse des instruments de musique qui ont influencé les décisions d'implémentation prises lors de la construction de mon instrument de musique numérique. J'analyse en particulier le travail de Lorenzo Bianchi Hoesch et ceux de mes collègues d'*Unmapped* et *Electrologues*.

Dans la troisième et dernière partie de la thèse, sont présentés les travaux pratiques que j'ai développés au cours de trois moments correspondant à des temporalités différentes. Dans le **sixième chapitre**, j'expose la première expérience de développement, au moyen d'une interface gestuelle multitactile de mon instrument numérique, expérience menée au GMEM. Dans le **septième chapitre**, j'explique en détail l'instrument que j'ai développé depuis que j'ai commencé à écrire pour la musique mixte. J'ai conçu ce chapitre dans un format proche du manuel d'utilisation de l'instrument élargi, avec les concepts théoriques appliqués au fonctionnement de l'instrument. Le **huitième chapitre** est consacré aux travaux effectués à l'Université de Campinas sur

l'optimisation de l'accès à la base sonore de l'instrument numérique. Enfin, le **neuvième et dernier chapitre** est consacré à l'analyse des instruments numériques en performance, en prenant en compte le résultat sonore obtenu, autrement dit, il est dédié à l'analyse musicale.

Partie 1

Concepts et problématiques de l'improvisation musicale

Introduction à la première partie

La première partie de ce travail de recherche vise à présenter la pratique de l'improvisation. Au cours des dernières décennies, celle-ci a été un sujet de recherche abordé sous différents angles. L'analyse approfondie de tous ces travaux serait une entreprise assez couteuse. Nous allons donc nous concentrer sur une perspective en particulier en suivant la théorie des systèmes complexes. L'action du musicien et le résultat musical qui en découle ne seront pas les seuls éléments à analyser. En effet, il sera important pour nous de comprendre tous les facteurs qui expliquent une performance électroacoustique improvisée.

Cette première partie commencera donc par expliquer les raisons historiques de l'émergence de l'improvisation libre dans la musique occidentale telle qu'elle se pratique aujourd'hui. Il existe différentes pratiques d'improvisation et nous considérons qu'il est nécessaire de les expliquer, aussi afin de définir notre activité artistique personnelle.

Ensuite, nous tenterons de caractériser l'improvisation musicale à travers les nombreuses interactions qui se produisent lors d'une performance improvisée. Suivant les théories des systèmes complexes, le concept d'interaction devient un élément clé pour comprendre le phénomène de l'improvisation. Nous allons explorer les caractéristiques de ces systèmes.

Finalement dans le dernier chapitre de cette première partie, nous nous concentrerons sur l'activité du musicien, quand ses actions et ses interactions avec son environnement lui permettent de créer les outils cognitifs pour improviser. Nous allons présenter le concept d'enaction introduit par le neuroscientifique Francisco Varela et ensuite prendre en compte le modèle cognitiviste 4E (*embodied, extended, enacted, embedded*) pour comprendre le rôle de la cognition dans la formation musicale de l'improvisateur.

Chapitre 1

L'improvisation musicale

Les notions d'improvisation et d'improvisation musicale ont beaucoup été étudiées et une vaste littérature est disponible avec notamment plusieurs thèses soutenues et divers ouvrages parus au cours des dernières années. À titre d'exemple, nous pouvons trouver trente-sept thèses inscrites sur le portail theses.fr dans les dix dernières années, sur le sujet de l'improvisation (toutes disciplines comprises). À l'international, nous trouvons un nombre considérable de textes en ligne sur ce sujet dans des mémoires de thèse. Notons aussi la création de la revue canadienne en ligne dédiée à l'improvisation : *Études critiques en improvisation*[28] qui compte vingt et un numéros et l'*International institute for critical studies in improvisation*[29] qui a produit un nombre important de publications sur ce sujet. Selon différentes perspectives, le terme a été disséqué pour en expliquer la genèse, les différentes pratiques, le résultat de son déploiement, le croisement de la pratique avec d'autres disciplines, etc. Dans le cadre de la pratique musicale, nous pouvons voir différentes approches dans la littérature au sein de :

- la recherche académique (Pierre Albert Castanet, Antoine Pétard, Mathias Rousselot, Clément Canonne, André Bourgeois, etc.)[30] ;
- les manuels d'apprentissage (Marcel Dupré, Vinko Globokar, Alain Savouret)[31] ;

---

[28] « Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation », https://www.criticalimprov.com/, consulté le 12 mars 2017. Existant depuis 2004, elle publie une ou deux éditions par an.

[29] « International Institute for Critical Studies in Improvisation », *IICSI*, http://improvisationinstitute.ca/, consulté le 11 mars 2019.

[30] Pierre Albert CASTANET et Patrick OTTO, *L'improvisation musicale collective*, Paris, L'Harmattan, L'univers esthétique, 2016.

Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale : enjeux et contrainte sociale*, Paris, L'Harmattan, 2011.

Mathias ROUSSELOT, *Étude sur l'improvisation musicale : le témoin de l'instant*, Paris, L'Harmattan, Sémiotique et philosophie de la musique, 2012.

Clément CANONNE, *L'improvisation collective libre : de l'exigence de coordination à la recherche de points focaux. Cadre théorique. Analyses. Expérimentations*, thèse de doctorat, Saint-Etienne, Université Jean Monnet, 2010.

André Louis BOURGEOIS, *Unifying Concerns and Entente: Locating and Pursuing the Idiomaticity of Free Improvisation*, thèse de doctorat, Université de Perpignan, 2017.

[31] Marcel DUPRÉ, *Cours complet d'improvisation à l'orgue vol.1 (exercices preparatoires a l'improvisation libre)*, Edité par Alphonse Leduc., Editions Musicales. Une liste extensive de manuels d'apprentissage de l'improvisation à l'orgue est disponible sur : http://www.organimprovisation.com/books/

Vinko GLOBOKAR, *Individuum-collectivum*, Milano, UNICOPLI, 1986.

Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible : l'improvisation libre comme outil pratique*, Lyon,

- des entretiens avec les musiciens improvisateurs (Alessandro Sbordoni, Denis Levaillant, Derek Bailey)[32] ;
- des traités écrits par des musiciens (Cornelius Cardew, Derek Bailey, Eddie Prevost)[33].

Dans ce chapitre nous allons faire un résumé de notre recherche bibliographique sur différents points concernant l'improvisation en nous concentrant sur les travaux réalisés sur le type d'improvisation que nous pratiquons : l'improvisation libre collective[34]. Dans la deuxième partie, nous rendons le champ plus étroit pour l'appliquer au domaine de la musique électroacoustique et mixte.

1.1 Étymologie et nécessité historique de la notion

De racine latine, *improvisus*, le verbe improviser provient du mot italien *improvisare*. L'acte d'improviser est de faire face à l'imprévu, de réagir sur le moment à une situation nouvelle sans une préparation antérieure, de pouvoir concevoir et présenter une action instantanément en réaction à un événement imprévu. Une recherche de la notion d'improvisation dans les dictionnaires[35] nous montre que la première sortie du substantif *improvisation* arrive en 1807[36] et dérive du verbe *improviser* qui existait déjà en 1642. Les dictionnaires proposent deux définitions pour ce substantif : le premier est l'acte d'improviser et le deuxième « ce qui est improvisé ». Commençons par regarder de près la première définition et voir ce que les dictionnaires proposent comme explication dans le domaine de la pratique musicale. Les dictionnaires nous montrent

---

Symétrie, 2010.

[32] Alessandro SBORDONI, *Improvvisazione oggi*, Lucca, Libreria musicale italiana, 2014.

Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale : essai sur la puissance du jeu*, Arles, Actes Sud, 1996.

Derek BAILEY, *L'improvisation sa nature et sa pratique dans la musique*, Isabelle LEYMARIE (trad.), Outre Mesure., Contrepoints, 2011.

[33] Cornelius CARDEW, « Towards an Ethic of Improvisation », *in Treatise handbook*, London, Peters.

Edwin PRÉVOST, *No sound is innocent*, Matching Tye, Essex, Copula, 1995.

[34] Notre pratique d'improvisation est essentiellement réalisée dans un contexte collectif. Nous ne sommes pas intéressés par la démarche de l'improvisation en solo même si cela nous est arrivé ponctuellement. Dans ce texte, quand nous parlons d'improvisation musicale, nous nous référons toujours à l'improvisation musicale libre et collective. Dans le cas d'une référence à d'autres structurations, telles que les solos, cela sera signalé spécifiquement.

[35] Pour une exploration détaillée des définitions du mot *improvisation* dans les dictionnaires et encyclopédies voir : Denis LABORDE, *Le bertsulari : improvisation chantée et rhétorique identitaire en pays Basque*, Paris, EHESS, 1993.

[36] Étymol. et Hist. 1. 1807 « œuvre improvisée » (Staël, *Corinne,* t. 2, p. 73); **2.** *id.* « art d'improviser » (Id., *ibid.,* t. 3, p. 126). Dér. de *improviser**; suff. *-(a)tion**. « Improvisation : étymologie de « improvisation » », *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*, https://www.cnrtl.fr/etymologie/improvisation, consulté le 22 novembre 2016.

qu'il s'agit de l'action de composer et d'exécuter simultanément. *The New Grove* définit l'improvisation comme « The creation of a musical work, or the final form of a musical work, as it is being performed[37]. »

Face à l'étymologie du mot, nous nous demandons où trouver ce « faire face à l'imprévu » présent dans la définition de la pratique. Considérons les moments (plus communs) de la mise en pratique de l'improvisation musicale dans le cadre d'un concert : les artistes se trouvent, avec leurs outils préparés pour leur utilisation, dans un lieu prédéterminé devant un public qui attend et prévoit ce qui va se passer. En effet, sauf dans les cas de musiciens débutants ou d'un auditoire néophyte, la situation décrite est récurrente et par conséquent l'imprévisibilité de la situation est relative : les différents acteurs expérimentés connaissent le déroulé habituel de ce moment. Toutefois, ce sont des éléments à prendre en compte dans la pratique, car « l'improvisation se définit comme un fait en interaction avec le contexte dans lequel elle se déroule [...] »[38]. Ces conditions, que nous pouvons (provisoirement) voisiner avec l'environnement, affectent directement la performance des musiciens par l'aléatoire qui caractérise l'environnement. Nous reviendrons à ce sujet plus tard, mais pour l'instant et en faisant abstraction de ces conditions (dans un cadre idéal, isolé), la provenance de cet imprévu se trouve être dans le domaine du son et dans le geste musical, deux domaines auxquels cette première définition fait référence. Toutes les conditions d'organisation et de mise en pratique musicale du concert[39] sont néanmoins importantes pour la bonne réussite musicale. Toutefois, les définitions que nous présentent les dictionnaires ignorent ces aspects et maintiennent le fait de « faire face à l'imprévu » exclusivement sur le plan sonore. En résumé, les dictionnaires restreignent la définition d'improvisation à l'action musicale produite en réponse à la perception d'un geste musical inédit.

---

[37] Horsley, Imogene *in* Stanley SADIE, *The New Grove dictionary of music and musicians*, Repr., London Hong Kong, Macmillan, 1995, p. 31. Dans cette thèse les citations en anglais seront insérées sans traduction. Nous ferons sa traduction dans les cas où la citation est insérée dans le texte pour faciliter la lecture. Dans les autres langues la citation sera traduite.

[38] Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale : enjeux et contrainte sociale*, Paris, L'Harmattan, 2011, p. 10.

[39] Christopher Small propose le terme « Musicking » pour tous les aspects qui contribuent à la réalisation d'une performance musicale : « To music is to take part, in any capacity; in a musical performance, whether by performing, by listening, by rehearsing or practicing, by providing material for performance (what is called composing), or by dancing. We might at times even extend its meaning to what the person is doing who takes the tickets at the door or the hefty men who shift the piano and the drums or the roadies who set up the instruments and carry out the sound checks or the cleaners who clean up after everyone else has gone. » *in* Christopher SMALL, *Musicking: The Meanings of Performing and Listening*, Wesleyan University Press, 1998, p. 9.

Carl Dahlhaus rejoint cette définition en ayant aussi recours à l'étymologie pour essayer de clarifier la notion d'improvisation. Pour expliquer le « geste de la spontanéité, de la production irréfléchie (ou irréfléchie en apparence) » *(ibid.)*, il nous propose *ex improviso* – « un musicien commence à improviser sans avoir prévu l'ensemble avec précision »[40] ; *ex tempore* – « dans l'instant même » *(ibid.)* et l'expression française *au pied levé* « à l'improviste, en moins de temps qu'il en faut pour mettre pied à terre » *(ibid.).* Dans une perspective plus pragmatique, Dahlhaus introduit donc de nouveaux aspects : la spontanéité du geste créateur et le temps réel de l'exécution. Nous revenons sur « l'imprévu » face auquel le musicien doit répondre avec l'exécution en temps réel d'un geste spontané, dans le but de créer du « nouveau » qui n'est autre que de l'imprévu (au moins pour ceux qui l'écoutent). Lydia Goehr[41] fait la distinction entre l'improvisation *impromptu* et l'improvisation *ex tempore.* Le premier renvoie à l'étymologie telle que nous l'avons déjà présentée : la mise en place d'une action face à quelque chose d'inattendu, et le deuxième fait directement référence à la pratique artistique du musicien qui sait qu'il va développer un processus créatif en performance.

Une fois l'étymologie du mot improvisation comprise, regardons l'emploi de ce terme dans l'histoire de la pratique musicale, car finalement ce terme d'improvisation n'est pas contemporain à la « réelle » pratique d'improvisation musicale. En effet, depuis les « […] origines de la musique, à travers les âges, jusqu'à et y compris notre temps, l'improvisation vocale et instrumentale fut une pratique constante et universelle[42]. » Nécessairement nous pouvons affirmer que le geste musical premier ne pouvait pas être autre qu'un geste improvisé. Alors, si l'improvisation musicale a été une pratique constante et universelle depuis l'origine de la musique, à quel phénomène renvoie le besoin d'introduire cette notion à un momment donné de l'histoire de la musique ? Clément Canonne se base sur l'ouvrage de Lydia Goehr[43] pour l'expliciter et justifier cette apparition :

> « [la notion d'improvisation apparaît] précisément au moment où […] le concept d'œuvre commence à jouer un rôle régulateur au sein de la musique savante occidentale — c'est-à-dire que c'est autour de ce concept que s'organisent tant les pratiques

---

[40] Carl DAHLHAUS, « Qu'est-ce que l'improvisation musicale ? », *op. cit.*, p. 182, 183.

[41] Lydia GOEHR, « Improvising Impromptu, Or, What to Do with a Broken String », *op. cit.*

[42] Ernst FERAND, « Improvisation », *in Encyclopédie de la musique*, Paris, Fasquelle éditeurs, 1959, p. 528 in Denis LABORDE, *Le bertsulari*, *op. cit.*, p. 34.

[43] Lydia GOEHR, *The Imaginary Museum OF Musical Works*, *op. cit.*

> musicales que les discours sur la musique. Le moment où se cristallise l'usage du terme "improvisation" est donc tout à fait révélateur du système de valeur qui en constitue l'horizon : le besoin du terme générique "improvisation" se fait sentir quand l'intégralité du champ des pratiques musicales est structurée par le concept d'œuvre, précisément pour capturer ce qui, en un sens, ne se laisse pas régir par ce concept[44]. »

L'auteur donne l'exemple du compositeur Franz Liszt, connu pour être un excellent improvisateur. Liszt séparait les deux pratiques : il réalisait des concerts d'interprétation d'œuvres écrites et d'autres concerts où il improvisait, assurant ainsi la distinction entre les deux types de performance musicale[45].

Regardons rapidement une deuxième définition donnée par les dictionnaires à propos du concept d'improvisation. Cette définition se déduit par métonymie de la première : l'improvisation en tant que produit, en tant que résultat de l'acte d'improviser, à savoir « ce qui est improvisé ». Laborde commente cette deuxième définition ci-après :

> « Il y aurait en quelque sorte sédimentation d'une activité du dire en un dit révolu, blocage d'une énonciation vive en un énoncé plat. Mais quel énoncé ? Le glissement du premier sens vers le second désigne la trace, mais quelle trace ? Une vague réminiscence = Un enregistrement ? Une transcription ? Laquelle, par qui, avec quels outils ? Si l'improvisation en tant que produit d'une improvisation interlocutoire provoquée de concert ? Mais alors rien ne distinguerait plus le premier sens du second sinon un déplacement dans l'ordre d'une statique temporelle : à l'action d'improviser répondrait l'action improvisée. Et l'on passe d'un présent qui s'invente à un passé qui s'invente toujours, dans quelque effort pour inscrire une profération vive dans la mémoire commune d'un vécu social. Mais encore : où situer une telle rupture de temporalité ? Le glissement du premier au second sens ne fait que dissoudre les limites que l'on croyait clairement circonscrites d'une catégorie qui paraît décidément d'autant plus difficile à analyser qu'elle nous est familière[46]. »

Le fait de pouvoir facilement enregistrer ces moments éphémères donne à ce produit la qualité d'un objet fini, fermé et commercialisable. Nous pouvons voir cela à travers le grand nombre d'artistes mettant en vente des albums issus d'improvisations réalisées en concert devant un public ou dans des sessions d'enregistrement dédiées à cet effet. À titre d'exemple, regardons l'album *Free improvisation* de 1973 qui contient des improvisations de plusieurs ensembles : le français *New Phonic Art,* l'allemand *Wired* et l'anglais *Iskra.* Ici, « improvisation » dans le titre de l'album n'est pas l'acte

---

[44] Clément CANONNE, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre », *op. cit.*, p. 19.
[45] *Ibid.*
[46] Denis LABORDE, *Le bertsulari*, *op. cit.*, p. 36.

d'improviser, mais le résultat, le produit réifié de cet acte dans un album. Un autre exemple est le nombre d'albums tirés des enregistrements d'improvisations par un musicien spécialiste de cette forme de création, tel que Fred Frith, dont nous pouvons trouver des productions depuis les années 1970 jusqu'à aujourd'hui[47].

1.2 L'émergence de l'improvisation libre

Dans plusieurs cultures dans le monde, la pratique de la musique s'est toujours faite de tout temps par tradition orale. Du point de vue de la culture occidentale, centrée sur l'écriture, cela est considéré comme une pratique « improvisée[48] ». Pourtant, dans la musique occidentale, cette pratique a fait partie du travail quotidien du musicien jusqu'au XIX^{e} siècle. Nous avons les exemples des compositeurs, tels que Beethoven ou Liszt, qui se présentaient en concert et improvisaient, ou celui des musiciens interprètes qui improvisaient lors des *cadenzas* des sonates. Au XIX^{e} siècle, il y a eu un changement dans la musique occidentale « savante » où l'interprétation de la partition est devenue centrale et l'improvisation est tombée en désuétude. L'improvisation est entrée dans la pratique de la musique occidentale lors de la redécouverte des musiques du « reste du monde » par les ethnomusicologues[49], mais aussi en raison de spécificités de l'évolution musicale en Occident. Selon Dahlhaus, la tendance à l'improvisation est née depuis les années 1950 pour trois raisons[50] :

- l'évolution de la technique compositionnelle dans la musique postsérielle des quinze dernières années ;
- l'affinité avec le jazz (qui évoluait depuis le début du XX^{e} siècle et qui est devenu populaire grâce à l'enregistrement et à sa diffusion) ;
- l'espoir que l'improvisation musicale soit l'expression et le moyen d'une émancipation de la conscience et du sentiment.

---

[47] Pour plus de détails, voir sa discographie sur son site officiel : Fred FRITH, « Selected Discography », http://www.fredfrith.com/326-2/, consulté le 22 avril 2018.

[48] Dans le cadre de notre thèse, nous n'aborderons pas les pratiques musicales non-occidentales de tradition orale, mais nous invitons les lecteurs à consulter par exemple le recueil de textes de Bernard Lorta Jacob (Bernard LORTAT-JACOB, *L'improvisation dans les musiques de tradition orale*, Paris, SELAF, Ethnomusicologie, n° 4, 1987.). Même si, de ces études, nous pouvons extraire des caractéristiques transversales à toute improvisation, nous nous centrons exclusivement sur l'improvisation libre.

[49] Bruno NETTL, « Thoughts on Improvisation: a Comparative Approach », *The Musical Quarterly*, janvier 1974, LX, nº 1, pp. 1-19.

[50] Carl DAHLHAUS, « Composition et improvisation », *in Essais sur la Nouvelle Musique*, Hans HILDENBRAND (trad.), Genève, Éditions Contrechamps, Essais historiques ou thématiques, pp. 191-199.

À ces trois facteurs que Dahlhaus énumère, il est possible d'ajouter deux autres points qui apparaissent dans ses articles, mais de manière moins explicite[51] :

- l'influence de la tendance dadaïste : « l'improvisation est un des moyens privilégiés de se débarrasser du concept d'œuvre musicale[52] » et de la notation qui sont les piliers de la composition ;
- « une raison sociologique : le retour de l'improvisation va de pair avec la mise au premier plan de l'interprétation par rapport à la composition […]. L'intérêt pour l'improvisation participe donc d'un intérêt plus général, qui est celui d'un public toujours empressé de mettre "l'accent sur l'exécution et non sur l'œuvre" » (ibid.)

1.2.1 Les années 1950-1960 : l'œuvre ouverte, le hasard, l'aléatoire

Sur le premier point qu'énumère Dahlhaus, l'émancipation de l'improvisation prend appui sur l'« ouverture[53] » des compositions des années 1950-1960, au moment où les compositeurs commencent à donner un espace de liberté aux interprètes. Ceci est une « contrepartie, mais aussi un complément à la rigueur compositionnelle de la série intégrale[54] » et au « concept de l'œuvre fermée et définitive » *(ibid.*). L'aléatoire, le hasard, l'indétermination dans les pièces de cette époque apparaissent comme « une réaction aux contradictions immanentes de la musique sérielle » *(ibid.*). Finalement, il n'était pas possible de tout contrôler avec la série. Le sérialisme intégral n'arrivait pas à contrôler tous les détails ni la forme des pièces. Les compositeurs ouvrent leurs pièces à l'introduction d'éléments non préalablement définis ou fixés. Ainsi, elles intègrent des éléments d'expérimentation, tels que la fragmentation, le collage, la permutabilité de sections choisies par les interprètes, qui pouvaient de cette manière construire la pièce suivant les instructions du compositeur. Dans les cas où il y a une utilisation extrême de ces éléments d'expérimentation, nous pouvons considérer l'introduction de l'improvisation dans ces pièces. Johanne Rivest nous dit que l'improvisation « est probablement la forme plus radicale du refus à l'écriture et, à travers elle, de la notion

---

[51] Dans ce recueil de Carl DAHLHAUS, *Essais sur la nouvelle musique*, Hans HILDENBRAND (trad.), Genève, Contrechamps éditions, 2004., écrit entre les années 1965 et 1975, Dahlhaus parle de l'improvisation en la comparant avec la composition. Cela montre bien que l'improvisation se maintenait en bonne place dans la scène musicale depuis les années 1950 (en 1972 Dahlhaus parle des dernières 15 années)

[52] Clément CANONNE, *Collective free improvisation*, *op. cit.*, p. 35.

[53] Umberto ECO, *L'œuvre ouverte*, Chantal Roux DE BÉZIEUX (trad.), Paris, Seuil, Points, n° 107, 1979.

[54] Johanne RIVEST, « Aléa - happening - improvisation - œuvre ouverte », *in* Jean-Jacques NATTIEZ (dir.), *Enciclopedia della musica*, Torino, Einaudi, 2001 vol.III, p. 314.

même d'œuvre » *(ibid.*). Cependant, les compositeurs, ayant intégré ces éléments dans leurs œuvres, n'étaient pas convaincus par l'improvisation. Nous pouvons voir cela dans la phrase suivante proférée par Pierre Boulez : « l'instrumentiste n'a pas d'invention, sinon il serait compositeur[55]. » Nous pouvons voir aussi les réticences de John Cage dans l'intégration de l'improvisation dans ses pièces, car pour lui les musiciens « don't arrive at any revelation that they're unaware of[56]. » Ce qui l'intéressait était l'indétermination totale. Cage dédie à ce sujet deux conférences, à Darmstadt et à Brussels en 1958, dans lesquelles il soutient que les instrumentistes devraient être « free of individual taste and memory ». Un exemple de cette recherche d'indétermination est la partition de la pièce *Radio music* (1958) pour huit interprètes. Cette partition indique juste les fréquences radio et le temps qui doit y avoir entre chaque changement de fréquence. Le résultat est donc complètement indéterminé, car il n'est pas possible de savoir en amont ce qui sera diffusé via ces fréquences radio.

Nous pouvons aussi remarquer cette préoccupation à l'« ouverture » de l'œuvre musicale, quelques années plus tard, dans l'approche de Karlheinz Stockhausen. Ce dernier essaie de créer une musique dans laquelle les instrumentistes ne peuvent pas tomber dans leurs propres expériences musicales et dans les formules acquises. Il crée ainsi la « musique intuitive », concept que Dahlhaus commente ci-après :

> « Or si la musique intuitive, censée ne rien évoquer, évoque pourtant justement les premières compositions de Stockhausen, qui constituent pour l'interprète le seul point de départ adéquat pour s'aventurer dans l'inconnu, il apparaît alors que l'idée d'improvisation absolue ne pourra jamais être qu'un principe régulateur : une utopie esthétique dont on se rapproche un peu lorsque la chance nous sourit, mais que l'on n'atteindra jamais[57]. »

De son côté, Eddie Prévost résume cette période en rappelant que « These activities were concurrent with the emerging musical initiatives, largely inspired by jazz, which lead to the development of a new musical aesthetic which we can now broadly refer to as free improvisation. They all, in some way, impacted upon each other. In comparison to that which the Darmstadt group or Cage acquired, free improvisation drew very little

---

[55] Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 93.

[56] Sabine FEIST, « John Cage and Improvisation: an Unresolved Relationship », *in Musical Improvisation: Art, Education, and Society*, Gabriel Solis and Bruno Nettl., University of Illinois Press, pp. 38-51, p. 40.

[57] Carl DAHLHAUS, « Qu'est-ce que l'improvisation musicale ? », *op. cit.*, p. 189.

following and support, official or otherwise[58]. »

Dans le prochain paragraphe, nous allons donc examiner cette inspiration par le jazz dont parle Prévost.

1.2.2 L'influence du jazz

Dahlhaus explique l'émancipation de l'improvisation - le deuxième point référé (*cf.* supra) - aussi comme une conséquence du rapprochement des musiciens de jazz vers les musiciens d'avant-garde. Johannes Rivest le note :

> « L'arrivée de l'improvisation dans les années 1960 est en partie la conséquence de la fusion d'artistes d'avant-garde avec des musiciens habitués au free jazz, à leur tour marginalisés par rapport à l'art du jazz traditionnel. De plus, c'est une ère de conscience sociale dans laquelle les centres d'attraction se déplacent du monde de l'Europe occidentale vers les autres continents, en particulier le troisième monde africain et la culture asiatique, au sein desquels ils pratiquaient déjà certaines formes d'improvisation[59]. »

Regardons donc comment et dans quelle mesure le jazz a été important pour l'émancipation de la pratique de l'improvisation dans la musique occidentale. Dans le Dictionnaire du jazz de 1967, les auteurs nous montrent que « l'improvisation est le principal moyen d'expression dont dispose le musicien de jazz[60]. » Nous pouvons voir l'importance de la relation entre le jazz et l'improvisation dans la pratique de cette musique qui commence à se développer en début du XX^{e} siècle.

Le jazz se développe parallèlement à l'évolution des techniques de l'enregistrement et des avancées technologiques. Cela donne au jazz, en ce début du XX^{e} siècle, une dimension à laquelle l'oralité ne pouvait pas prétendre jusqu'à présent. La dissémination du jazz par la distribution discographique fait que la pratique de cette musique sort de la communauté noire aux États-Unis et s'institutionnalise, car en effet,

---

[58] Edwin PRÉVOST, « Free Improvisation in Music and Capitalism: Resisting Authority and the Cults of Scientism and Celebrity », *in* Anthony ILES et MATTIN (dir.), *Noise & capitalism.*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, pp. 38-59, p. 47.

[59] « L'arrivo in forza dell'improvvisazione nel corso degli anni Sessanta è in parte la conseguenza della fusione degli artisti d'avanguardia con i musicisti avvezzi al free jazz, a loro volta in una posizione marginale rispetto all'arte consacrata del jazz tradizionale. Per giunta si tratta di un 'epoca di presa di coscienza sociale, nella quale i poli d'attrazione si spostano dal mondo occidentale europeo verso gli altre continenti, in particolare il terzo mondo africano e la cultura asiatica, al cui interno si praticavano già talune forme d'improvvisazione » Johanne RIVEST, « Aléa - happening - improvisation -œuvre ouverte », *in* Jean-Jacques NATTIEZ (dir.), *Musiques. Une Encyclopédie pour le XXIe Siècle. Vol I*, Arles, Actes Sud, pp. 474-483.

[60] Tenot FRANK, *Dictionnaire du jazz*, Larousse, 1967. cité de Denis LABORDE, *Le bertsulari*, *op. cit.*

la reproductibilité de l'enregistrement permet l'analyse et l'étude des maîtres du jazz. En même temps, les ségrégations raciales continuent et les musiciens s'associent aux manifestations des communautés noires en se rebellant contre la routine des *Big Band*, contre le « […] jazz embourgeoisé […,] devenu un produit commercial, accaparé et affadi par les orchestres blancs récupérés par une société blanche qui l'a aseptisé et dilué dans la musique de variété[61]. » Les musiciens cherchent une expression plus libre que celle imposée par la dictature de la reproduction mécanique et des restrictions de cette musique, devenue commerciale, par les producteurs[62] (et la reproduction dans les radios, jukebox, etc.). Les musiciens essayent de casser cette réduction du jazz en proposant une façon plus libre de jouer. C'est à partir des années 1940, avec l'apparition de nouveaux clubs dans le quartier de Harlem à New York, que le *bebop* démarre, avec comme objectifs, ceux que César Villavicencio décrit ci-après :

> « Bebop was freeing the musicians not only from the specified notes, melodies and expected behaviour of swing music, but also from the authoritarianism and totalitarianism of the producers and conductors, and the framework established by the music business in general. […] Bebop was meant for listening and pursued establishing a conversational dynamic in which any innovation in its structure was aiming to enhance the "conversation"[63]. »

Dans la continuation du *bebop*, à la fin des années 1950, les explorations des musiciens tels que Charlie Parker, Thelonious Monk, Ornette Coleman, amènent à une improvisation libérée des contraintes stylistiques, le free jazz, considérée comme une *improvisation absolue*[64]. L'album de Ornette Coleman intitulé *Free Jazz* enregistré en 1960 apporte la preuve de la recherche menée par ces artistes. L'improvisation était le centre de la pratique musicale au détriment d'autres caractéristiques. Philippe Carles et Jean-Louis Comolli nous exposent les caractéristiques du free jazz. Canonne les énumère dans sa thèse :

---

[61] Jacques ABOUCAYA et Jean-Pierre PEYREBELLE, *Du be-bop au free jazz : formes et techniques d'improvisation chez C. Parker, M. Davis et O. Coleman*, Toulouse, Presses Univ. du Mirail, Amphi 7 Musique, 2001, p. 22.

[62] Notons qu'à cette époque, les droits d'auteur appartenaient souvent aux producteurs qui achetaient les chansons aux musiciens.

[63] Cesar VILLAVICENCIO, *The Discourse of Free Improvisation. A Rhetorical Perspective on Free Improvised Music*, thèse de doctorat, Norwich, UK, School of Music, University of East Anglia, 2008, p. 56.

[64] Ce terme est utilisé par Jeff Pressing pour toute musique dans laquelle « no referent is present, or if it is devised in real-time ». Car Dahlhaus l'utilise aussi pour décrire l'objectif de la musique intuitive de Karlheinz Stockhausen avec les pièces « *Aus den Sieben Tagen* » (1968) et dans l'extrême opposé à la composition absolue exprimée par la musique acousmatique dans laquelle aucun paramètre n'est modifiable. Dahlhaus ne tient pas en compte l'interprétation de la musique acousmatique dans l'article de 1979, alors que des premières interprétations de musique acousmatiques sont réalisées à l'acousmonium en 1974.

> « abandon du tempo fixe, voire de l'idée même de tempo ; abandon de l'harmonie fonctionnelle, voire de l'idée même d'harmonie […] ; autonomie totale de chaque membre du groupe […] ; fin de la distinction entre solistes et accompagnateurs ; rejet du thème et de la grille harmonique : les compositions préexistantes, si elles existent, sont extrêmement schématiques […] ; recherche d'une énergie collective, quasi-communautaire […] ; refus de l'académisme instrumental c'est-à-dire de l'orthodoxie technique, de la joliesse du timbre, de la virtuosité, de la justesse ; mise en avant des sons sales ou salis, des bruits parasites, des effets de growl ou de slap, des bruitages ; tension permanente quasi paroxystique, nombreux jaillissements ; et enfin, refus des contraintes de temps[65]. »

De ce côté de l'océan, selon George Lewis[66], le jazz européen était dans une crise identitaire depuis la fin des années 1950. Il essayait de se détacher du jazz américain qui était le modèle de la musique jazz en Europe. C'est à partir de la première moitié des années 1960, que les musiciens européens se rendent indépendants de la tradition du jazz des États-Unis avec leur « autodétermination esthétique » dans laquelle il y a un rejet du style de jazz de ce pays. Cela permet aux Européens de développer un courant parallèle qui débouche sur l'improvisation libre, comme l'explique Lewis :

> « The work of these and many other musicians would soon result in the emergence of a panoply of approaches that, taken together, constitute one of the critically important developments within a composite notion of late 20th-century musical experimentalism. Historical accounts represent this new breed of Europeans as having first promulgated a new, specifically European style of "free jazz" that built upon the innovations in form, sound, method, and expression advanced by Ornette Coleman, Albert Ayler, Cecil Taylor, John Coltrane, and other African-American musicians of the early 1960s. Later, the new European musicians were widely credited with the development of a more open conception of "free improvisation" that was generally acknowledged in Europe to have broken away from American stylistic directions and jazz signifiers[67]. »

Cela provoque la formation de deux mouvements d'avant-garde, qui se développent parallèlement des deux côtés de l'océan : « By 1965, these two distinct musical avant-gardes, based on different continents and unaware of each other, yet sharing important characteristics, goals and acknowledged musical antecedents, were in the process of crystallization. » *(ibid.*, p. 2). Ce sera ce développement qui, associé à toutes les transformations politiques et sociales, rend possible l'émancipation de l'improvisation

---

[65] Clément CANONNE, *Collective free improvisation*, *op. cit.*, p. 30.

[66] George E. LEWIS, « Gittin' to Know Y'all: Improvised Music, Interculturalism and the Racial Imagination », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, septembre 2004, vol. 1, nº 1.

[67] *Ibid.*, p. 3.

musicale dans la musique occidentale, comme nous le confirmons dans le paragraphe suivant.

1.2.3 Du caractère dada des années 1960 à maintenant

Dahlhaus évoque aussi le « caractère dadaïste et anti-artistique inhérent à la contradiction et à la polémique pratiquée contre la catégorie de l'œuvre musicale[68]. » L'improvisation permet de rompre avec la hiérarchie que la musique occidentale établit avec le concept d'« œuvre fermée », qui soumet les instrumentistes à la volonté des compositeurs et des chefs d'ensemble/orchestre. Nous pouvons donc en déduire qu'il y a aussi un propos politique dans la pratique de l'improvisation. Cette volonté de briser ces catégories de « pouvoir » dans la musique est aussi un réflexe de la société. La musique occidentale est le résultat des « romantic notions of the elite composer-genius, the concert hall and the institutionalization of the Classical cannon, mechanical reproduction and commodification, and the bureaucratic-capitalist cultural environment that characterizes modern life[69] » qui provoquent la disparition de la créativité des instrumentistes en faveur d'une créativité issue de l'ère industrielle, qui privilégie les modes de production isolés, tels que la composition. Denis Levaillant commente la préférence pour l'improvisation dans ce contexte :

> « D'autant qu'avec le bouleversement de 1968 l'improvisation prenait valeur de manifeste. Parce qu'elle représentait l'indépendance de chacun, le libre choix de sa propre musique, le refus des contraintes conceptuelles et physiques qui faisaient l'essentiel de l'apprentissage musical officiel, elle eut un essor considérable. Elle devint une pratique musicale plus importante que les autres, parce qu'à elles, opposée[70]. »

La pratique de la musique devenait accessible à tous, elle n'était plus une activité pour les musiciens professionnels. Ceci est évident, par exemple, dans la démarche de Cornelius Cardew et de la *Scratch Orchestra* dont il est fondateur. L'ensemble était composé par des musiciens professionnels et musiciens amateurs ayant comme modèle la *free music* inspirée par l'aléatoire et le hasard de la musique de John Cage ou de

---

[68] Carl DAHLHAUS, « Composition et improvisation », *op. cit.*, p. 191, 192.

[69] Dylan VAN DER SCHYFF, « Improvisation, Enaction & Self-Assessment », *in* David J. ELLIOTT, Marissa SILVERMAN et Gary E. MCPHERSON (dir.), *The Oxford Handbook of Philosophical and Qualitative Assessment in Music Education*.

[70] Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 53.

David Tudor. Cardew, aussi violoncelliste et pianiste de l'ensemble *AMM*, faisait partie du *People Liberation Music* (*PLM*) avec lequel il jouait des pièces antifascistes et des pièces en soutien aux Irlandais, contre l'impérialisme britannique. Dans son livre *Stockhausen serves imperialism*[71] il expose ses points de vue politiques contre la musique institutionnelle comme celle de Stockhausen et de Cage (et même de la sienne), car ces musiques étaient appréciées par la bourgeoisie.

Le caractère politique parallèle à la pratique de l'improvisation libre semble être moins visible dans les années qui suivent, mais nous pouvons le voir passer avec autant de force dans d'autres courants musicaux tels que le *punk*[72] ou la *noise*[73]. Dans le cas de la *noise,* cela est rendu explicite par Csaba Toth lorsqu'il écrit :

> « Noise performance, in our view, exercises a culturally coded and politically specific critique of late capitalism, and offers tools for undoing its seemingly incontestable hegemony. To be sure, Noise performance operates in the shadow of recontainment by the very commodity structures it intends to challenge[74]. »

Ce « faiblissement » du propos politique vient probablement du fait que l'improvisation musicale devient, courant les années 1990, aussi une pratique institutionnelle et intégrée dans les pratiques musicales des conservatoires, notamment au CNSM de Paris - où la discipline d'improvisation générative existe depuis 1992[75]. Dans la préface à la nouvelle édition (écrite en 1991) de son fameux livre sur la nature de l'improvisation, Derek Bailey décrit les différences qu'il constate entre le climat musical de

---

[71] Cornelius CARDEW, *Stockhausen Serves Imperialism, and other Articles*, London, Latimer New Dimensions, 1974.

[72] Plusieurs ouvrages en sociologie de la culture sont dédiés aux relations entre la musique et la politique. Par exemple Fabien HEIN, « Bien plus que de la musique ! Le punk rock comme force de participation sociale et politique », *Lien social et Politiques*, 2014, nº 71, pp. 143-158. ou Sheila WHITELEY, « Contre-cultures : musiques, théorie et scènes », *Volume ! La revue des musiques populaires*, 15 septembre 2012, 9 : 1, pp. 5-16.

[73] Voir par exemple Anthony ILES et MATTIN, *Noise & capitalism*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, 2009.

[74] Csaba TOTH, « Noise Theory », *in* Anthony ILES et MATTIN (dir.), *Noise & capitalism*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, p. 28, 29.

[75] Alain Savouret, le créateur de cette classe commente que l'improvisation musicale s'est imposée depuis les années 1980 mais que la pratique était négligée dans la formation des musiciens. Et surtout, au fur et à mesure que le musicien progresse dans sa formation, l'improvisation devient de moins en moins importante. Et cela l'a « amené, dans le prolongement de ces diverses "maitrises d'œuvre" déjà expérimentées sur le terrain national, à proposer en 1993 au CNSMDP la création d'un espace à vocation lui aussi expérimentale, qui deviendra la classe d'improvisation générative. » À propos du nom de cette classe, Savouret explique : « Improvisation générative est le mon administratif de la classe au sein du CNSMDP, ce n'est pas un genre d'improvisation "de plus" qui y serait enseigné : c'est bien "l'improvisation libre" qui y est questionnée. Mais la qualification "générative" n'est pas anodine, elle est l'application, à l'improvisation instrumentale ou vocale, d'un précepte de Pierre Schaeffer qui énonce que "l'entendre précède le faire"; c'est devenu pour moi en 1993: "l'entendre génère le faire" » *in* Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible*, *op. cit.*, p. 3 et 35. Voir aussi l'entretien avec Alain Savouret *in* Makis SOLOMOS et Philippe MICHEL, « Improvisation générative, improvisation libre », *Filigrane. Musique, esthétique, sciences, société.*, [En ligne], Numéros de la revue, Jazz, musiques improvisées et écritures contemporaines.

l'improvisation dans les années 1970 et celle des années 1990 :

> « The difference between the present musical climate and that of the mid-1970s, when this book was first written, could hardly be greater. Most surveys of the intervening decade and a half tend to be lamentations on the galloping artistic cowardice, shrivelled imaginations and self-congratulatory philistinism which typified the period. Other assessors, applauding the strenuous efforts evident in all areas of music to be more "accessible", speak of a Golden Age. Either way, and significant as they are, the changes that have taken place seem to have made very little difference to improvisation. Transient musical fashion, of course, is unlikely to have any effect on something as fundamental as the nature of improvisation but even in its practice improvisation seems to have been, if at times diverted, as prevalent and irrepressible as ever[76]. »

Actuellement, le panorama de l'improvisation musicale est très diversifié. La liberté qui caractérise la pratique aujourd'hui (cf. infra) permet aux musiciens d'adopter tout type de chemin esthétique. La formation musicale et la provenance esthétique des musiciens sont très diverses et ne sont pas vraiment un critère à tenir en compte pour pouvoir participer à cette pratique. Par exemple, à propos de la composition de notre ensemble *Grand8,* on voit que les membres sont issus d'une très grande variété de styles de musique. Ici, le critère d'intégration d'un nouveau membre repose sur sa capacité d'écoute et sa participation musicale lors de la performance improvisée, plutôt que sur sa valeur esthétique de musicien.

1.3 Caractérisation de l'improvisation musicale

L'improvisation musicale a un spectre très grand de pratiques et les caractéristiques de chacune d'entre elles dépendent d'une énorme quantité de facteurs, tels que : les objectifs de la pratique (plaisir, thérapie, éducation, découverte artistique ou développement spirituel, improvisation fonctionnelle), le genre de musique (jazz, baroque, rock…), le nombre de musiciens (du solo à l'improvisation collective) et les contraintes de la pratique (improvisation libre, guidée, sur un thème)[77]. À celles-ci, nous pouvons ajouter le niveau des musiciens (débutant ou professionnel) et leurs envies au moment de la performance (leur motivation). Par exemple dans le style rock, des moments pourront être dédiés à la virtuosité d'un instrumentiste qui, selon son état

---

[76] Derek BAILEY, *Improvisation: Its Nature and Practice in Music*, New York, Da Capo Press, 1993, p. xiii.

[77] Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 11,12.

d'esprit, improvisera ou jouera un solo préparé en amont.

L'improvisation peut être analysée à partir des processus poïétiques des acteurs, c'est-à-dire, en se posant la question de la provenance de cet imprévu produit. S'agit-il vraiment d'une action spontanée ? Se fait-elle à partir d'un état *tabula rasa* ou d'un travail d'anticipation ? Ce travail d'anticipation, est-ce un travail de préparation de ce moment à partir de citations et d'autocitations ? Ces dernières sont-elles adaptées à ce qui a lieu au moment d'y répondre dans le jeu musical ?

Laborde montre la position des improvisateurs de jazz et d'orgue :

> « Au terme d'un apprentissage systématique qui lui permettra de se forger un répertoire d'actions, l'improvisateur (de Marcel Dupré) saura se rendre maître des interactions rituelles et des actualisations référentielles. Puisant à l'envi dans son "magasin de mémoire", il sera cet acteur rationnel parfaitement informé, à tout moment de l'ensemble des possibilités qui s'offrent à lui, des choix les plus judicieux qu'il lui faut opérer, de la manière de les conduire et des implications des décisions qu'il prend en cascade. Loin de se lancer à l'aveugle dans une aventure incertaine, il engagera une exploration sélective des programmes computationnels et, malgré le nombre infini des protocoles possibles, il saura résoudre ces mystérieux algorithmes heuristiques qui garantissent une "bonne improvisation"[78]. »

Indépendamment du domaine de réalisation, l'improvisation est une pratique toujours réalisée en interaction avec les différents éléments de son entourage dans lequel elle est insérée et avec l'environnement. Les décisions sont prises en cascade en interaction avec les informations accessibles du contexte de la performance et sont basées sur l'expérience musicale, sociale et technique instrumentale propre à chacun. Cette exploration sélective de l'éventail de possibilités[79] est basée d'une part, sur les informations prises de l'environnement, en mutation continue, dans lequel le musicien s'insère dans un « état d'alerte[80] » pour faire face à tous les imprévus possibles venant de cet environnement ; d'autre part sur le parcours des expériences passées du musicien. Il s'agit d'un facteur qui change continuellement au cours de la pratique, comme

---

[78] Denis LABORDE, « Enquête sur l'improvisation », *in La logique des situations : nouveaux regards sur l'écologie des activités sociales*, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales., Paris, Louis Quéré, Michel de Fournel, 1999, p. 269.

[79] Dans la perspective computationaliste, le cerveau est vu comme une boîte noire qui réalise des opérations de calcul. À partir des entrées le cerveau produit un résultat. Dans le cas de l'improvisation musicale, à partir de stimuli sonore le cerveau produit une action sonore résultat de l'exploration sélective de possibilités. Dans le paragraphe 3.1 nous analyserons une autre perspective de ces processus cognitifs de création.

[80] Dans notre approche de l'improvisation libre et dans une perspective des systèmes complexes, cet état d'alerte est en effet le point critique dans lequel se trouve le cerveau, ce qui nous permet de réagir à tous les imprévus.

Maurice Clément l'exprime : « L'art de l'improvisation évolue pendant des années et se nourrit des expériences de vie qu'on a pu faire, des réflexions qu'on a pu mener[81]. » Cette pensée est partagée par Yehudi Menuhin : « Improvisation is not the expression of accident, but rather of the accumulated yearnings, dreams, and wisdom of our very soul », où « in improvising you share your personality in ways that the composed genre don't permit[82]. » D'ailleurs, il s'agit d'une caractéristique que nous trouvons souvent dans les discours des musiciens et chercheurs portés sur la pratique de l'improvisation libre. Ce sont les caractéristiques de l'improvisation libre qui éloignent certains musiciens de cette pratique, mais qui par contre sont explorées par d'autres musiciens. Dans le premier cas, l'exemple plus iconique est celui de John Cage qui refusait cette pratique dans sa phase d'indétermination totale (comme nous avons vu plus haut). Cage ne voulait pas que les musiciens puissent utiliser ce qu'ils savaient déjà faire, mais il voulait que les musiciens jouent quelque chose de complètement nouveau et totalement imprévisible.

Comme Cage l'explique, « improvisation reflects the performer's musical baggage, his subconscious musical experience, motor patterns, and idioms. If understood as an aurally transmitted complex creative act involving the use of well-rehearsed patterns, consideration of rules, and assessment of the ongoing process, improvisation appears as a respect-commanding autonomous activity[83]. » C'est donc pour cela que pour lui « improvisation is something that I [Cage] want to avoid. Most people who improvise slip back into their likes and dislikes. » *(ibid.)* Les expériences passées sont déclenchées automatiquement comme essaie de le montrer Stockhausen quand il critique l'improvisation libre de l'ensemble de Vinko Globokar. Dans cet ensemble, « he [Stockhausen] observed that Jean-Pierre Drouet, a percussionist who studied with an Indian musician, occasionally used tabla rhythms. Similarly, Michel Portal, a clarinettist, played free jazz figurations at points of maximum activity, which came almost instinctively from the time he spent playing with a free jazz group[84]. »

---

[81] Maurice CLÉMENT, « L'improvisation ou : Vivre la musique dans son immédiate », *Pizzicato*, 2012, nº 1, p. 23.

[82] Yehudi Menuhin cité par Bruno NETTL, « Preface », *in* Gabriel SOLIS et Bruno NETTL (dir.), *Musical Improvisation: Art, Education, and Society*, University of Illinois Press, p. xii.

[83] Sabine FEIST, « John Cage and improvisation : an unresolved relationship », *in Musical Improvisation : Art, Education, and Society*, Gabriel Solis and Bruno Nettl., University of Illinois Press, 2009, p. 40.

[84] Martin IDDON, « The Haus That Karlheinz Built: Composition, Authority, and Control at the 1968 Darmstadt Ferienkurse », *The Musical Quarterly*, 2004, vol. 87, nº 1, pp. 87-118, p. 92.

Concernant le deuxième cas, la pièce *Cobra* de John Zorn est un exemple d'une recherche explicite des caractéristiques de l'improvisateur comme un individu portant tout son bagage d'expérience et toute sa personnalité. Pour Zorn, ce sont les caractéristiques à chercher dans le musicien en dépit d'une sonorité spécifique ou de la technique du celui-ci. En effet, le but « n'est pas […] d'obtenir un résultat déterminé à l'avance par le biais de l'improvisation, pré-ordonné, mais de manipuler les relations existantes à l'intérieur d'un groupe d'instrumentistes[85]. » Ainsi, au lieu de chercher les caractéristiques techniques des improvisateurs ou même des instruments spécifiques pour son ensemble, Zorn cherche les caractères personnels différents des musiciens pour avoir une diversité plus grande de « styles » d'improvisations.

D'aprés ces citations, nous pouvons extraire quelques caractéristiques importantes de l'improvisation. Commençons par regarder le « partage de la personnalité » mentionné par Menuhin. Cette caractéristique change selon le nombre d'intervenants dans la performance, autrement dit si l'événement est réalisé par un musicien jouant en solo ou à plusieurs. Dans une improvisation en solo, ce partage est réalisé simplement avec le public où le musicien dévoile son caractère, ses préférences techniques, esthétiques, etc. La communication et les interactions possibles sont effectuées avec le public. Les façons de jouer sont contraintes par le musicien lui-même. Antoine Pétard nous dit que « le sens commun pense l'improvisation comme un dévoilement de l'être du musicien, comme une extériorisation de soi[86] » et ainsi dans l'acte spontané « le musicien ne peut mobiliser que ses propres ressources » *(ibid.)*, sa musique « vient nécessairement du plus profond de lui, puisqu'il ne s'est accordé aucune aide extérieure » *(ibid.)*. Concernant la pratique collective, l'enjeu est différent, car ses ressources émergent dans l'interaction avec les autres musiciens. L'individu s'accorde aux stimuli fournis par les autres éléments et renvoie des nouvelles informations à l'ensemble. Globokar le signale : « c'est cette situation qui donne son importance à la pratique de l'improvisation, la pratique collective, parce qu'y sont mis en lumière tous les nouveaux problèmes concernant la communication, les réactions psychologiques, l'énergie physique, etc.[87]. » Ceci est en effet ce qui rend l'improvisation unique, car à chaque

[85] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 90.

[86] Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 86, 87.

[87] Vinko GLOBOKAR *in* Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 66.

fois toutes ces interactions sont différentes et ne peuvent pas être reconstruites à l'identique dans d'autres situations. Pour cela Globokar confirme cette singularité de l'improvisation musicale : « [...] ce qui est intéressant, ce sont les microorganismes surgissant que jamais vous ne pourriez inventer à une table de travail, les constellations se créant entre trois ou quatre personnes jouant ensemble et qui provoquent un monde totalement incontrôlable[88]. » Il y a donc une négociation entre les personnalités de chaque musicien qui, en adaptant son vécu musical à ceux de ses collègues, construit un nouveau savoir-faire. Nous récupérons la phrase du philosophe Jules Lequier qui illustre et résume la pensée des improvisateurs que nous avons cités et ce que nous venons de développer : « *Faire*. Non pas devenir, mais faire et en faisant *se faire*[89]. » L'improvisateur se fait, se forme en improvisant, avec les expériences qui enrichissent le bagage musical du musicien.

Ces caractéristiques de l'improvisation musicale sont importantes pour comprendre l'évolution du travail de l'improvisateur-luthier lorsqu'il construit son instrument. En se basant sur les nécessités de l'imprévu, l'instrumentiste doit avoir des outils pour répondre aux *stimuli.* L'instrument doit d'une part pouvoir répondre au développement de la technique instrumentale et musicale du joueur, et d'autre part être cohérent avec ses envies personnelles dans la manière de faire la musique improvisée.

1.4 Une hétérogénéité des pratiques

De l'ornementation à l'improvisation libre, des formes ancestrales transmises par l'oralité à l'improvisation avec les moyens technologiques actuels, la pratique de l'improvisation est utilisée dans différentes formes de création musicale. Ce qui distingue les pratiques de l'improvisation musicale peut se décliner dans les « degrés de liberté » permis au musicien. Celles-ci varient selon les possibilités créatives que la pratique lui permet. Si nous regardons les pratiques de la création musicale aujourd'hui, nous pouvons observer une multitude de manières d'être réalisées : avec du papier et un stylo pour figer tous les paramètres musicaux ou simplement pour donner quelques

[88] *Ibid.*

[89] J. GRENIER, *La Philosophie de Jules Lequier*, Belles Lettres. Publications de la Faculté des Lettres d'Alger. Réédition par Calligrammes. 1983., Paris, Quimper, 1936.

indications aux musiciens ; avec des logiciels et un ordinateur pour générer des structures musicales algorithmiquement ou bien un instrument numérique pour synthétiser le son ; avec des instruments de musique pour interpréter des pièces ou bien pour explorer librement toutes les possibilités sonores, etc. Ces différentes pratiques se mêlent continuellement et les frontières dans lesquelles ces formes se définissent sont souvent floues. De plus, les développements technologiques transforment aussi ces catégories et en créent des nouvelles. Par conséquent, nous trouvons dans le vocabulaire de nouveaux termes qui s'ajoutent aux catégories « anciennes ». Notons par exemple les termes employés pour différentes manières de faire de la musique : composition, composition algorithmique, composition assistée par ordinateur, composition en temps réel, comprovisation, improvisation, improvisation assistée par ordinateur, improvisation idiomatique, guidée ou stylistique, etc.

Dans cette section, je propose de mettre à plat ces différents termes, qui explicitent des particularités de la création musicale contemporaine, pour bien définir le cadre de notre projet. Nous nous concentrerons sur les formes de création musicale que nous pratiquons et sur lesquelles nous avons mis l'accent pour développer notre pratique exposée dans ce texte.

1.4.1 De la composition à l'improvisation

Dans ce paragraphe, nous allons explorer les similitudes et différences entre ces deux formes de création musicale. Steve Lacy résume bien cela : « [la] différence entre la composition et l'improvisation est que dans la composition, on a tout le temps qu'on veut pour décider quoi dire en quinze secondes, tandis que dans l'improvisation on n'a que quinze secondes[90]. » Lacy donne cette réponse au guitariste-improvisateur Derek Bailey lorsque ce dernier, croisant son collègue dans la rue, lui demande d'expliquer en quinze secondes la différence entre improvisation et composition[91].

Dans les essais sur l'improvisation musicale par les musicologues et les musiciens occidentaux, l'explicitation de la notion est souvent réalisée à partir de la confrontation avec l'autre forme de création musicale : la composition. On retrouve ici la dichotomie

[90] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 140.

[91] Cette anecdote est racontée par Bailey lui-même (*ibid.*).

entre l'écriture, qui a dominé la musique de recherche[92] occidentale dans les derniers siècles, et l'oralité. Les articles de Dahlhaus sur l'improvisation attestent cette affirmation. La deuxième phrase de son article de 1979 pose avec évidence le rapport entre ces deux catégories : « [le concept d'improvisation] pâtit d'être une catégorie définie de façon essentiellement négative par opposition au concept de composition[93]. » Durant les deux derniers siècles, l'importance de la composition dans la musique occidentale a renvoyé la pratique de l'improvisation au second plan. Antoine Pétard attribue cela au manque d'institutionnalisation de la pratique et à son caractère éphémère. L'improvisation est associée à une musique moins sérieuse (« posture dilettante », « absence de travail préparatoire »[94] par les improvisateurs) contrairement à la composition qui, par l'écriture, peut être étudiée et analysée, et est donc « sérieuse ». Dans ce sens, le concept d'improvisation se détermine par l'opposition aux autres pratiques musicales : la composition et l'interprétation. Nous pouvons remarquer aussi que ces deux dernières pratiques musicales deviennent isolées l'une de l'autre : le compositeur, isolé, compose ses œuvres et rend la partition achevée aux instrumentistes qui l'interprètent. Dans la majorité des pièces écrites, l'interprète n'est pas censé exprimer sa créativité, mais respecter les instructions du compositeur. Canonne souligne :

> « [une] opposition avec la pratique de l'interprétation : la pratique de l'improvisation, pensée comme activité musicale autonome s'oppose à la pratique de l'interprétation, comprise comme exécution fidèle de l'œuvre. […] Et bien sûr une opposition avec la pratique de composition, en tant que créatrice d'œuvres : « Vers 1800, quand la composition fut définie comme impliquant la prédétermination du plus grand nombre possible d'éléments structurels, la notion d'improvisation acquit sa signification moderne. Pour la première fois, on la considérait comme s'opposant strictement à la composition au sens propre[95]. »

Concernant le premier point, notons que la pratique de l'improvisation et celle de l'interprétation sont réalisées par des instrumentistes censés avoir les mêmes compétences techniques et expressives. Effectivement, du point de vue (et/ou d'écoute)

---

[92] Nous optons également pour ce terme qui est utilisé actuellement et qui prend d'autres dénominations telles que musique classique (souvent entre guillemets), musique savante, musique académique, musique culte, musique érudite, musique de création, etc.

[93] Carl DAHLHAUS, « Qu'est-ce que l'improvisation musicale ? », *op. cit.*, p. 181.

[94] Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 7.

[95] Clément CANONNE, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre », *op. cit.*, p. 19,20.

de l'auditeur, l'appréciation du résultat des deux activités est effectuée de la même manière. Les deux pratiques partagent évidemment le fait que les musiciens se produisent devant un public. Pourtant, nous pouvons remarquer le risque pris par le musicien et l'enjeu de la situation que pose l'activité autonome de l'improvisation : elle est réalisée sans préparation préalable, et cela exige de l'improvisateur qu'il mène en continu un processus créatif tout en maîtrisant tous les enjeux de la performance. En opposition, l'activité d'interprétation représente la reproduction d'une pièce figée sur support où les possibilités inventives du musicien sont limitées et souvent définies dans la phase d'apprentissage de l'œuvre. L'improvisateur expose au public ses compétences créatives, son expressivité et sa technique instrumentale en même temps.

Si nous regardons les différentes pratiques de création musicale, nous pouvons noter que, plus que poser l'improvisation et la composition/interprétation musicale comme pratiques antagoniques, il serait plus pertinent de les considérer dans un *continuum* en l'évaluant à l'aune de critères comme la créativité, la spontanéité, la transformation de matériel et sa fixation dans le temps. Ed Sarath exprime l'idée de considérer le degré d'improvisation dans les performances, car dans toutes les pratiques musicales, il y a au moins un paramètre musical par le biais duquel le performeur est capable d'introduire son propre instinct créatif. Dans l'interprétation d'une œuvre, aussi détaillée que cela puisse être, il est impossible que le compositeur ait tout noté. Certains paramètres sont passibles d'être laissés au jugement du musicien. De l'autre côté de ce *continuum*, avec l'improvisation libre, tous les paramètres musicaux sont passibles d'être manipulés librement, comme Sarath l'écrit :

> « A continuum thus emerges, where at one end total improvisation with little or nothing planned in advance is found, while the other end describes musics with greater compositional content. At the latter extreme, even interpretive performance of repertory moreover, might be considered as a species of improvisation. For even in works entirely composed, performers will have some degree of creative options through volume dynamics, inflection, tempo, frequency of vibrato and other expressive nuances. While interpretive performers do not change the pitches or rhythms delineated by the composer, they certainly do deconstruct personal interpretive patterns in seeking spontaneous renditions of pieces they have already played countless times. Interpretive performance might then be seen to involve temporal principles similar to those defining improvisation within a highly detailed referent[96]. »

[96] Ed SARATH, « A New Look at Improvisation », *Journal of Music Theory*, 1996, vol. 40, nº 1, pp. 1-38, p. 21.

Sarath se réfère à ce qui reste « ouvert » dans la notation musicale occidentale, notation qui est centrée dans la fixation des hauteurs dans un temps défini. Sabine Feist, pour expliquer ce qu'il y a d'improvisation dans la musique de John Cage, donne cette définition qui s'adapte bien à ce qu'affirme Sarath : « Improvisation, in fact, is often defined as the difference between notation and the sound product[97]. » L'improvisation se fait avec tous les paramètres non explicités par le compositeur, qui sont donc laissés à la libre interprétation du musicien. Ce dernier décide par lui-même comment il va réaliser la mise en musique de la partition, tout en cherchant à être au plus proche de l'intention musicale du compositeur. Cela veut dire qu'il y a toujours un niveau d'improvisation dans l'interprétation de la musique occidentale, vu que plusieurs décisions sont prises (ou peuvent être prises) en amont (ou dans le moment) de l'exécution.

Bruno Nettl exprime ce *continuum* par le degré de spontanéité et de créativité des musiciens dans les pratiques musicales. Il s'appuie sur les études comparatistes des ethnomusicologues pour regarder comment fonctionnent ces deux catégories dans les différentes musiques du monde (Occidentale comprise). Il tient compte du fait que dans certaines cultures, il n'existe pas de distinction entre ces pratiques. C'est dans ce *continuum* qu'il propose que « one way we may perhaps define improvisation is by measuring the degree to which the performer is creatively involved[98]. » La position de l'improvisation dépend de l'engagement du musicien dans la création spontanée en performance. Jeff Pressing soutient cette idée en présentant une échelle représentant la part de l'improvisation dans différentes pratiques en musique, mais aussi dans d'autres pratiques comme le théâtre ou le ballet (voir le schéma de la Figure 1 ci-après)

[97] Sabine FEIST, « John Cage and Improvisation », *op. cit.*, p. 42.

[98] Bruno NETTL, « Thoughts on improvisation », *op. cit.*, p. 17.

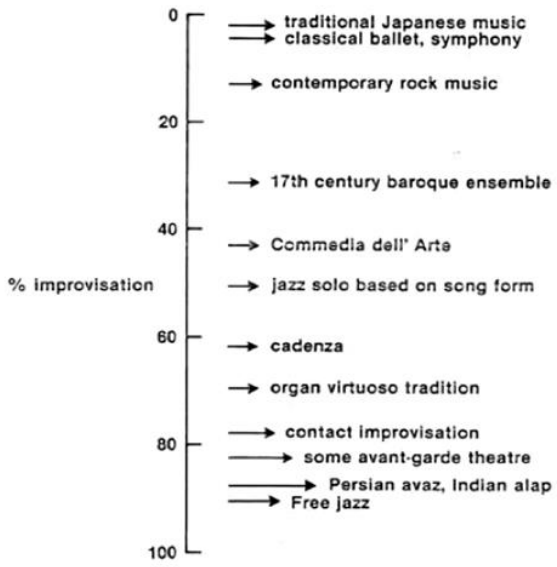


Figure 1 – *Continuum* entre composition et improvisation d'après Jeff Pressing[99]

Toutefois, il faut noter que dans son schèma Pressing n'indique pas des pratiques au sein desquelles il y aurait 100 % ou 0 % d'improvisation. L'auteur remarque l'expérience musicale de l'improvisateur à laquelle nous nous sommes déjà référés auparavant et la singularité de la performance : « These limits are never obtained in live performance because no improviser (even in "free" improvisation) can avoid the use of previously learned material, and no recreative performer can avoid small variations specific to each occasion[100]. » L'unicité du produit sonore dans l'improvisation signifie que

> « each improvisation […] will in a different way give shape to the amount and sort of freedom a musician has in the course of performance; each improvisation will offer different perspectives on concepts such as creativity, freedom, risk, etc.; each improvisation will yield a different network of (most prominent) agents and interactions; each improvisation will relate differently to previous improvisations; each improvisation creates a new story within given constraints[101]. »

Malgré les différences et les similitudes que comportent les deux démarches de création musicale, nous pouvons considérer qu'à la fin d'une performance en direct devant un public, un produit est achevé : unique, immuable et éphémère. Nous allons mettre maintenant en évidence quelques éléments de cette dichotomie pour mieux appréhender

---

[99] Jeff PRESSING, « Cognitive Processes in Improvisation », *op. cit.*, p. 347.
[100] *Ibid.*, p. 346.
[101] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 33.

la façon dont nous prenons en compte les différences entre ces deux formes de création dans le développement numérique.

1.4.1.1 La propriété de l'œuvre

Une des caractéristiques permettant la distinction entre la composition de l'improvisation est l'appartenance de l'œuvre. Cette question s'est déjà posée dans les pièces « ouvertes » des années 1950-1960. Par exemple, la dispute connue entre Rolf Gehlhaar et Globokar avec Karlheinz Stockhausen sur l'appartenance de l'œuvre *Aus den sieben Tagen*. Les musiciens « […] argued with Stockhausen that their improvisational input made the music, in some degree, also their intellectual property. As a result of this disagreement, Globokar demanded that his name be removed from the record sleeve of the recordings of texts from *Aus den sieben Tagen* in which he had participated[102]. » Dans cette discussion, c'est l'appartenance de l'invention des processus qui est mise en cause. Les musiciens argumentent en disant que si la musique vient de la capacité de créer, la propriété intellectuelle de l'œuvre devrait être partagée.

Dans l'improvisation, le discours se développe en temps réel selon la créativité et la technique des intervenants. Il n'y a pas de consignes ou de règles données par d'autres entités externes à la performance musicale. Seulement ceux qui interviennent directement dans la performance ont une voix active dans les décisions d'ordre créatif. Par conséquent, les propriétaires de ce produit éphémère sont les propres intervenants de la performance. L'appartenance de l'œuvre dans une composition écrite est entièrement au compositeur, pendant que l'appartenance d'une improvisation est à tous les participants de la création, car « l'improvisateur joue "sa musique". C'est en cela que l'on peut dire que l'improvisation est une création[103] », souligne Pétard.

1.4.1.2 Les temporalités dans la création musicale

Une autre façon de vérifier la différence entre ces deux formes de création musicale est liée à la question de la temporalité pendant laquelle s'opèrent les phases de création.

---

[102] Martin IDDON, « The Haus That Karlheinz Built », *op. cit.*, p. 94.

[103] Antoine PÉTARD, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*

Voyons quelles sont les phases par lesquelles les différents intervenants doivent passer pour l'achèvement d'une pièce musicale ou d'une improvisation (ici comme produit final).

Dans la composition, de la première idée posée sur un support (soit le papier, soit le logiciel) au rendu public de la pièce, nous avons différentes phases :

- une phase de travail du matériel (brouillons, algorithmes, synthèse sonore ou simplement les idées du compositeur qui émergent pendant le travail) ;
- la phase d'écriture (la fixation des idées sur le support)[104], une phase de déchiffrage, interprétation et répétition (assimilation des idées du compositeur et entraînement) ;
- le passage de la pièce du compositeur aux interprètes[105];
- le rendu au public.

Ces phases peuvent avoir des durées différentes selon l'expérience des acteurs. L'exploration du matériel (la possibilité de corriger, modifier, effacer les idées) varie selon la maturité du compositeur. Par exemple, un interprète spécialiste de la musique d'un compositeur en particulier pourrait se passer de cette phase d'assimilation des idées du compositeur lors d'une nouvelle pièce (car cela a eu lieu précédemment durant plusieurs années de travail). Nous pouvons reprendre l'exemple des phases dans la composition d'une pièce électroacoustique telles que nous les présente Michel Chion :

> « – une première étape de formation de l'idée musicale ;
>
> – une deuxième étape avec les phases de réalisation :
>
> – création des sons utilisés dans l'œuvre
>
> – essais d'assemblages et manipulations de certains sons
>
> – réalisation de la composition proprement dite
>
> – le mélange et le mixage final »[106]

Chion parle de la spatialisation et de la diffusion des pièces dans les techniques de composition sans en référer à des étapes de l'ensemble du processus. Actuellement nous

---

[104] Pour certains compositeurs, la version finale est réalisée à la main. Dans la musique électroacoustique, nous avons le mixage final qui normalement prend la forme d'un fichier audio numérique.

[105] Même dans les cas des compositeurs – interprètes ou compositeurs – directeurs d'orchestre, cette phase est bien séparée et différente. Dans nos cours de composition, le professeur Christopher Bochmann nous expliquait la différence dans les mécanismes de pensée entre l'écriture et l'exécution quand il devait diriger ses pièces.

[106] Michel CHION et Guy REIBEL, *Les musiques électroacoustiques*, Aix-en-Provence, Chaudoreille-Edisud, 1976, p. 209, 210.

pouvons les ajouter à l'interprétation des pièces électroacoustiques.

Dans l'improvisation, il serait possible de réduire ces phases à une seule. Imaginons un musicien à qui l'on propose de jouer en concert en lui donnant l'instrument sur scène, devant le public, sans qu'il ait le temps de réfléchir avant de commencer à jouer. Ce serait une situation extrême et improbable mais possible. C'est une pratique commune en répétition : par exemple, un musicien peut demander d'improviser sur l'instrument d'un collègue, alors qu'il n'a jamais joué de cet instrument. Des idées apparaissent lors des premières explorations sonores de l'instrument, celles-ci sont développées en direct. Toutefois, il pourrait ne pas être évident pour l'improvisateur de faire cela en performance publique : par exemple, il y a le risque de ne pas savoir extraire de l'instrument des sons issus de gestes musicaux intéressants. Cela pourrait être un moment gênant dans la performance. Ce que Erving Goffman appellerait « perdre la face[107] ». Ce qui est sûr, c'est que deux phases sont toujours présentes : l'entraînement musical qui confère la capacité de jouer l'instrument et la performance qui est la génération des processus musicaux en temps réel dans l'interaction avec son instrument.

Le compositeur Arnold Schoenberg parle de la première phase où les idées se matérialisent : l'improvisateur les transforme directement en son et le compositeur les fige sur le support. Pour cela « l'improvisateur doit anticiper avant de jouer, et composer est une improvisation ralentie ; souvent on ne peut pas écrire assez vite pour suivre le flux des idées[108]. » Trevor Wishart parle aussi de la « slow improvisation[109] » dans la composition électroacoustique au studio. Il s'agit de cette étape pendant laquelle les idées se matérialisent en son pour ensuite les intégrer dans les pièces. Toutefois, au même titre que les idées, cette matérialisation en son (p.ex. un fichier audio) peut être intégrée ou rejetée. Il s'agit des phases 1 et 2 dont nous parle Chion avant « la composition proprement dite ». Ces deux témoignages placent l'improvisation dans la première phase de la composition comme moyen de génération et transformation du matériel compositionnel (nous verrons dans le prochain paragraphe que certains

---

[107] Erving GOFFMAN, *Les rites d'interaction*, Paris, Ed. de Minuit, Le sens commun, 1998.

[108] « After all, an improviser must anticipate before playing, and composing is a slowed-down improvisation; often one cannot write fast enough to keep up with the stream of ideas » *in* Arnold SCHOENBERG, *Style and idea*, New York, Philosophical Library/Open Road, 1950, p. 98.

[109] Yiorgos VASSILANDONAKIS, « An Interview with Trevor Wishart », *Computer Music Journal*, 20 mai 2009, vol. 33, nº 2, pp. 8-23, p. 10.

l'appellent comprovisation). La première phase est bien illustrée par Bernard Lortat-Jacob :

> « [si] le compositeur à sa table et l'improvisateur au piano, au violon, à la *sanza* ou au tambour appartiennent à la même famille c'est que le premier comme les seconds [sont attelés] à une même tâche : produire de l'inédit. Ce qui les différencie, c'est seulement l'usage de l'écriture, du crayon ou de la gomme. Paradoxalement, le caractère innovant de l'écriture tient moins à la trace écrite elle-même qu'au caractère effaçable de cette trace. La gomme et le brouillon sont pour le compositeur des alliés plus sûrs encore que le crayon ou la plume. Ils permettent l'hésitation et le retour en arrière, autant de choses interdites à l'esclave d'un temps irréversible, à l'improvisateur en situation qui, sur l'instant, doit tracer son œuvre de façon unique et définitive. Pour le compositeur, le silence distancié est productif ; il permet la réflexion. Pour l'improvisateur, il est l'équivalent d'un trou incomblable, ridicule, tout juste bon à briser une carrière[110]. »

Lortat-Jacob évoque une caractéristique importante qui distingue les deux démarches de création : la possibilité de retour en arrière. L'improvisateur ne peut pas corriger, repenser une idée lancée. Il doit l'intégrer dans son discours sans possibilité de la gommer[111]. Il ne peut pas la gommer puis qu'elle a eu lieu mais il peut agir dessus, notamment dans la façon dont il va la développer ou pas. Ed Sarath insiste sur cette même idée en exposant les deux temporalités indiquées par Lortat-Jacob et puis en proposant une troisième. Premierement l'expansion de la temporalité :

> « the composer has the capacity to stop and review what has already been created and preserved through notation, he or she is able to reflect upon the past in a way not possible in improvisation. In other words, while the improviser can recall past ideas, this must be done while creating in the present, whereas the composer can practically "freeze" time and contemplate the past at length. […]; The temporality of the composer thus has both cumulative and reversible qualities, where by relationships between events and their pasts and futures may be conceived[112]. »

Puis, la deuxième appelée de temporalité intérieur ou personnel (*Inner-directed*

---

[110] Bernard LORTAT-JACOB, *L'improvisation dans les musiques de tradition orale*, *op. cit.*, p. 15. *in* Frédéric DUFEU, *Mémoires artificielles et outils de création musicale : conséquences de l'emploi des lutheries électroniques et numériques sur la conception et l'appréhension des musiques électroacoustiques*, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 2010, p. 440.

[111] L'utilisation de l'erreur et l'accident dans l'improvisation est souvent commentée par les musiciens comme partie intégrante de l'improvisation. Ainsi, il existe une erreur seulement si le geste inattendu n'est pas utilisé dans la continuation du processus créatif. Une définition est donnée par Canonne : « il s'agit d'un événement inattendu et irréversible, qui surgit dans le temps de l'improvisation et qui laisse au musicien une multitude de choix quant à la manière de prendre en compte cette offre accidentelle. Une multitude de choix, certes… excepté celui de prétendre que cette offre n'a pas eu lieu, ou de l'ignorer […] » *in* Clément CANONNE, « Quelques réflexions sur improvisation et accident », *Agôn*, 2009, n° 2, L'accident §7.

[112] Ed SARATH, « A New Look at Improvisation », *op. cit.*, p. 4, 5.

temporality). Dans l'improvisation l'attention se tourne vers le présent, dans l'action de création momentanée une fois qu'il n'est plus possible de modifier le passé alors que le futur n'est pas encore arrivé. Il doit être conscient de ce qui se passe à chaque moment pour qu'il puisse agir en conformité avec le son général du présent. Pour cela, il puise dans son répertoire d'influences musicales (technique, style, etc.) et « une distillation de ses expériences avec la vie[113] » : la construction qui, selon Derek Bailey fait de l'improvisation : « [...] une célébration de l'instant. En ceci, sa nature, comme celle de la musique en générale, est foncièrement éphémère. Sa réalité est celle de l'exécution[114]. » Enfin, il ajoute la temporalité que Sarath appelle *Retensive protensive* (RP) et il donne sa définition : « RP conception may thereforebe invoked as a subordinate temporality by improvisers, manifesting itself when past ideas are recalled and developed, or when future-directed strategies are implemented[115]. »

Sarath précise que cette dernière est une temporalité qui mélange des caractéristiques des deux formes de création, car le musicien utilise des idées appliquées dans des situations précédentes. C'est une des caractéristiques que nous avons évoquées pour l'improvisation. Mais, sont-elles les caractéristiques nécessaires pour un bon improvisateur, à savoir : utiliser les idées du passé en les mélangeant et en les développant comme stratégie pour créer du nouveau ? Cette question est posée par Denis Laborde : « […] peut-on, pour autant, réduire l'improvisation à une mécanique élémentaire : des unités de discours se répétant dans d'autres discours ? Peut-on réduire l'improvisation à un art de la citation, "forme simple de répétition interdiscursive" […] qui ferait de l'improvisateur un as du coupé-collé[116] ? »

Dans le *continuum* entre la composition et l'improvisation, il n'est pas étonnant que des formes hybrides entre ces deux pôles surgissent. Le dernier type de temporalité dont parle Sarath est souvent nommé « composition en temps réel ». Il écrit : « Furthermore, RP conception is the dominant temporality of what I term "extemporaneous" composition, which is the creation of a composition in a single real-time attempt[117]. »

---

[113] *Ibid.*, p. 7.

[114] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 152.

[115] Ed SARATH, « A New Look at Improvisation », *op. cit.*, p. 6.

[116] Denis LABORDE, « Enquête sur l'improvisation », *op. cit.*

[117] Ed SARATH, « A New Look at Improvisation », *op. cit.*, p. 6.

Or, dans le cadre de l'improvisation collective, les stratégies individuelles ne devraient pas exister, car le processus se réalise de manière collaborative.

1.4.2 La comprovisation

Depuis quelques années, nous entendons l'utilisation de ce terme par les musiciens improvisateurs lorsque certains éléments d'une des deux pratiques (improvisation ou composition) sont acquis par l'autre. Une recherche via internet nous montre la première entrée du mot en 1984, terme proposé par Chip Stern dans un entretien à Bob Moses à propos de la façon de faire jouer des musiciens sur des structures composées. En 1997, dans la préface de *Arcana : Musicians on Music*[118], John Zorn attaque les critiques de musique sur leur incapacité à expliquer la musique qui se faisait à l'époque, lorsqu'ils employaient des mots tels que *comprovisation* ou *ambiguous postmodernism,* et nous pouvons donc en déduire que ce terme était déjà utilisé à cette époque. Ce terme revient également dans le titre de l'album de 1992 de Sarah Peebles : *Comprovisation with shadow images*[119]. À partir des années 2000, le vocable s'est répandu et nous trouvons quelques titres d'albums qui le reprennent[120].

Le renouvellement des pratiques et la rupture avec celles du passé, pour assumer un nouveau courant artistique, promeuvent l'apparition de termes qui désignent parfois des pratiques qui existaient déjà. Pensons, par exemple, aux pratiques de l'improvisation dans la composition qui remonte aux *codas* dans les sonates des compositeurs de la période classique ou aux œuvres composées avec les principes de l'œuvre ouverte. Nous avons trouvé trois utilisations différentes de la notion de « comprovisation » dans des articles ou communications académiques. Ces trois différentes définitions de la même notion sont répandues à la fois dans la pratique musicale, mais aussi sur le plan académique à travers la citation de ces articles.

Une première définition est présentée par le pianiste Michael Hannan pour présenter sa

---

[118] John ZORN, *Arcana: Musicians on Music*, New York, Granary Books : Hips Road, Press Collection (Library of Congress), 2000.

[119] Nous n'avons pas trouvé cet album, mais il est cité dans la thèse de master de Andra McCartney : Andra MCCARTNEY, *Creating Worlds for my Music to Exist: How Women Composers of Electroacoustic Music Make Place for their Voices*, mémoire de master, North York, York University, 1997.

[120] E.g. Michael Hannan, Improvisations and Comprovisations; Steph Back – comprovisation ; Philip Thomas – comprovisation, etc.

pratique artistique : « *Comprovisation* is a term I have adopted to describe my practice of making new compositions from recordings of improvised material, either performed by myself or by other musicians under my direction[121]. » De même, le pianiste Philip Thomas utilise ce terme en expliquant que la « comprovisation is a celebration and exploration of the interface where composition and improvisation meet. Central to the project is a number of works composed by musicians who are associated with the world of improvised music[122]. » Nous trouvons aussi dans la même ligne de pensée la définition donnée par le compositeur Étienne Rolin : « la comprovisation serait cet art d'intégrer les richesses de la composition, qui permet la modélisation et la construction de macro-structures et l'improvisation qui invite à la variation perpétuelle tout en embrassant l'inconnu[123]. » Fred Frith utilise, quant à lui, cette technique depuis les années 1970. À la demande de savoir s'il s'agit d'une nouvelle forme de composition, il répond :

> « Is anything new? […] My experience of manipulation of improvisation in the recording studio began with Henry Cow in 1974. Since that time I have been fascinated by the combination of studio compositional technique and improvisation, and you'll find similar techniques scattered through a lot of my projects[124]. »

Une autre utilisation de « comprovisation » est proposée dans un article écrit par Richard Dudas[125], dans lequel il emploie ce terme pour nommer sa pratique d'improvisation musicale de musique mixte à partir des « instruments composés ». Il considère deux pratiques qui mêlent la composition et l'improvisation : « (1) composer un "instrument" sur lequel on peut improviser et (2) et improviser avec des outils pour créer du matériel de pré-composition[126]. » La comprovisation est insérée dans l'ambitus du premier point, où la performance nécessite un travail fait au préalable pour la composition de l'instrument numérique qui doit être « a rich computer music performance system. Such a system should not be designed to perform one lone task,

---

[121] Michael HANNAN, « Interrogating Comprovisation as Practice-led Research », *Speculation and innovation : applying practice led research in the creative industries*, 2006, Queensland University of Technology, p. 2.

[122] Philip THOMAS, « Comprovisation », http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/5705/1/flyer_aw_ok.pdf, consulté le 22 avril 2018. flyer du concert « Philip Thomas (piano) and friends »

[123] Etienne ROLIN, « Comprovisation », *etiennerolinart*, 18 juillet 2014, https://etiennerolinart.wordpress.com/a-propos/, consulté le 3 septembre 2018.

[124] Gabriel FEHRENBACH, *Fred Frith about new and old in his music*, https://www.heise.de/tp/features/Twilight-music-3519957.html, consulté le 18 septembre 2018.

[125] Richard DUDAS, « "Comprovisation" : The Various Facets of Composed Improvisation within Interactive Performance Systems », *Leonardo Music Journal*, vol. 20, 12 Novembre 2010, pp. 29-31.

[126] *Ibid.*, p. 29.

as with a tool, but should be designed to evolve or metamorphose in the hands of a competent performer, in the way that a performer of an acoustic instrument can coax a multitude of seemingle different sounds out of their instrument[127]. » Ensuite, l'improvisateur pourra utiliser son instrument pour jouer sur l'instrument composé qui doit pouvoir répondre à son jeu. Cet article est la base de la théorie qui est derrière la présentation du logiciel de comprovisation *Agône* de Julian Hoff[128].

Dans un article de 2010, Július Fujak soulève la question de la validité de la notion de comprovisation, que lui-même utilise dans sa pratique artistique, en prenant les différentes définitions de cette notion. Son approche est similaire à l'utilisation par Hannan du terme en question, il explique que sa pratique artistique était déjà dans ce sens, mais sans l'avoir nommée. Il participe au collectif *COMPRO.SK 11* qui a présenté un manifeste pour une « compréhension existentielle de cette notion aujourd'hui[129]. »

Le troisième emploi de ce terme est exploité par le compositeur et chercheur Sandeep Bhagwati. Il définit comprovisation comme « all practices of ensemble improvisation that rely on complex and heterogenous interaction rules to create emergent high-level phenomena and structures[130]. » Bhagwati s'appuie sur l'idée que « No score will thus ever totally determine all aspects of a musical performance » pour développer les paramètres qui restent « ouverts ». La liberté de la notation, c'est-à-dire, la « contingence » de certains paramètres, est explorée au moment de la performance par les instrumentistes. Il explique sa préférence pour le terme « comprovisation », car pour lui, la division entre les deux pratiques n'est pas claire :

> « If the urge to control individual musical events at an elementary level dominates a score, it will give rise to a kind of exploration of this free space that we usually call an "interpretation [of a fixed composition]". If, however, the score is more concerned with shaping higher-level events and flows, and leaves the control of individual musical events to stylistic conventions, traditional rule systems, and non-representational ordering systems (such as a groove), we call this process "improvisation"[131]. »

---

[127] *Ibid.*, p. 30.

[128] Jullian HOFF, « Agône : un outil adapté à une démarche de création en comprovisation électroacoustique », *Actes des Journées informatique musicale*, 2015, Montréal.

[129] Július FUJAK, « Comprovisation – Notes to Discussion on Validity of the Notion », *Papers | John Cage: man - work - paradox*, 2012, p. 4. Le manifeste est présenté dans cet article.

[130] Sandeep BHAGWATI, « Towards Interactive Onscreen Notations for Comprovisation in Large Ensembles », *Systems Research in the Arts and Humanities*, 2008, pp. 43–49, p. 47 (cf. note bas de page).

[131] Sandeep BHAGWATI, « Comprovisation – Concepts and Techniques », *in* Henrik FRISK et Stefan ÖSTERSJÖ (dir.), *(Re)thinking Improvisation: artistic explorations and conceptual writing*, pp. 98-104, p. 100.

L'utilisation de ce terme est corroborée dans un article de Jin-Ah Kim[132] dans lequel elle justifie son utilisation par le « performative turn » *(ibid*. p.3) qui existe depuis les années 1960, date à laquelle ce changement performatif a contribué « to the dissemination of a new understanding of improvisation, in which the act of improvisation is not executed ad hoc, without premise, but rather requires the foreseen. » *(ibid.)*

Dans notre pratique musicale de composition et d'improvisation, nous avons connu différentes situations qui pourraient entrer dans les définitions présentées dans les paragraphes précédents. Dans le cas de Hannan, le but de ses comprovisations c'est de les figer sur des supports, tout en se donnant la possibilité de les réinterpréter avec les instruments qui l'ont produit, à la manière des pièces de musique électroacoustique. En effet, nous pouvons englober cette définition de comprovisation dans les phases 1 et 2 de la composition électroacoustique définies par Michel Chion (voir paragraphe 1.4.1.2)

1.4.3 Taxonomie de l'improvisation musicale

La composition et l'improvisation libre se placent dans les extrêmes d'un *continuum* de degrés de liberté. Entre ces deux, nous observons des manières de créer de la musique, qui intègrent des caractéristiques de l'une ou de l'autre forme de création musicale. Par exemple, dans plusieurs styles, certains moments des pièces composées sont dédiés à l'improvisation pendant lequel les musiciens peuvent exprimer librement leur virtuosité à l'intérieur d'un cadre. Les solos dans des moments des compositions jazz en sont un exemple, de même que les solos des guitaristes dans le *heavy métal*. Dans ces deux cas, une structure, avec une progression harmonique et normalement un nombre fixe de mesures, accompagne ces solos.

D'autres termes sont aussi souvent mentionnés dans la littérature ou dans les pratiques, selon Fred Frith, quand il s'agit de l'improvisation, mais pas en ce qui concerne la composition. Il explique : « Well you know all the clichés - improvising is "instant composition", "spontaneous composition", and so on; interestingly the same kinds of

[132] Jin-Ah KIM, « Réflexions sur la comprovisation de Sandeep Bhagwati : théorie et pratique », *Circuit : Musiques contemporaines*, vol. 28, nº 1, 2018, pp. 23-33.

expressions don't exist in the other direction. We don't hear people talk about composition as "improvisation in slow motion" [133] ! » Remarquons que quand Wishart et Schoenberg parlaient de la « slow improvisation », ils se référaient à une particularité du travail de composition, et ce terme n'était pas utilisé pour nommer un genre de pratique créative. Ce qui n'est pas le cas des termes de « composition instantanée », ou « composition en temps réel ». En effet, Wishart distingue bien les deux processus où il considère l'intensité du travail qui est effectué sur le matériel sonore et qui peut donner de nouveaux résultats. Il écrit : « it can be the unpredictability of the studio work that leads to discoveries that are not going to happen in the live situation[134]. »

1.4.3.1 Improvisation guidée, structurée

L'improvisation guidée, ou structurée, a lieu quand certains paramètres sont définis avant la performance. Cela peut être la structure formelle, harmonique, le matériel utilisé, l'orchestration, etc. Le musicien a la liberté de jouer avec les autres paramètres musicaux. Marc Chemillier et Jérôme Nika nous parlent de l'improvisation structurée quand le paramètre défini au préalable est la durée de la performance. Selon les chercheurs

> « l'idée de structure temporelle préexistante et guidant la performance improvisée trouve un écho dans les études cognitives traitant de l'improvisation, qui font émerger une notion de planification plus large que le simple canevas formel (car elle inclut l'ensemble des stratégies narratives de l'improvisateur) et son articulation avec les exigences de réactivité face à des situations imprévues qui caractérise l'improvisation[135]. »

L'improvisateur dans le déroulé de son jeu tient en considération continuellement les éléments qui ont été définis au préalable pour ajuster ses modes de jeu. Une négociation entre cette planification et les « imprévus » se met en place en continu pour respecter la structure définie *a priori*. Lors de la création à plusieurs cela prend encore plus d'importance, car le non-respect de ces règles entraîne des échanges d'informations inintelligibles entre les éléments.

---

[133] Gabriel FEHRENBACH, « Twilight music », *op. cit.* §5.

[134] Yiorgos VASSILANDONAKIS, « An Interview with Trevor Wishart », *op. cit.*, p. 10.

[135] Jérôme NIKA et Marc CHEMILLIER, « Improvisation musicale homme-machine guidée par un scénario temporel », *Technique et Science Informatiques*, 2014, vol. 33, nº 7-8, pp. 651–684, p. 652.

La structuration de l'improvisation via certains paramètres ne signifie pas l'utilisation des règles formelles d'un langage. L'objectif primaire est de placer la performance dans un cadre spécifique de manière à avoir une cohérence formelle avec la primauté donnée à un certain paramètre musical, par exemple le temps. Prenons comme exemple une performance improvisée qui doit être limitée à vingt minutes. Les instrumentistes commencent avec une sonorité issue des notes tenues, à la manière d'un « drone[136] » qui, par son essence, serait temporellement très étendue et dépassant la limite temporelle contrainte. Les musiciens savent qu'à un certain moment, ils devront changer leur discours musical pour que la performance ait un sens dans le temps qu'ils ont de disponible pour développer leurs idées musicales. Dans certaines de nos improvisations avec *Unmapped*, nous définissons une structure formelle à l'intérieur de laquelle nous développons librement les autres paramètres. Cela est surtout dû à la gestion du temps que nous envisageons pour l'ensemble de la performance. Nous verrons dans le paragraphe 5.2.5 comment se déroule cette pratique dans le cadre de l'improvisation d'*Unmapped*.

1.4.3.2 Improvisation idiomatique vs improvisation non-idiomatique

Dans ce *continuum* vers l'improvisation libre, nous faisons un arrêt au sein des musiques dans lesquelles certains éléments sont fixés au préalable. Cela donne un caractère spécifique, une identité, un idiome, défini comme la « [m]anière de s'exprimer propre à une personne, à une époque, à un domaine, à un groupe de personnes, d'initiés, de spécialistes[137]. » Ce groupe de personnes — improvisateurs et public — partage donc une même manière de s'exprimer par les conventions qui composent le langage utilisé. Michel Imberty commente ce partage à propos des improvisations dans les musiques non occidentales :

> « […] leur production ne fonctionne que parce que le public à l'écoute reconnaît ce cadre, même s'il ne possède pas les règles précises et détaillées. Le partage de ce cadre général, qui fixe les règles avec lesquelles l'improvisation est pratiquée, est aussi le

[136] La musique *drone* actuelle est caractérisée par des longues notes tenues et souvent associé à des styles de musique tels que le post-rock ou le metal. Elle s'inspire de la musique de La Monte Young, encore que nous pouvons trouver le même type de procédé dans d'autres musiques où le bourdon est caractéristique.

[137] « Idiome : Définition de « idiome » », *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*, https://www.cnrtl.fr/definition/idiome, consulté le 5 octobre 2018.

signe de l'appartenance culturelle à un groupe socialement identifié[138]. »

Nous pouvons voir des différences entre la pratique avec un idiome et celle où aucun paramètre n'est fixé au préalable. Derek Bailey divise la pratique de l'improvisation en idiomatique et non idiomatique en signalant les différences : « l'improvisation idiomatique, de loin la plus répandue, est surtout liée à l'expression d'un langage musical : jazz, flamenco, musique baroque, par exemple. C'est ce langage qui lui confère vigueur et identité[139]. » Pour lui la différence avec l'improvisation libre est que celle idiomatique « is formed by an idiom, not by improvisation. Idiomatic improvisation is formed the same way that speech vernacular, a verbal accent, is formed. Free improvisation does not have its grounding, its roots, in any other music and has no stylistic loyalties or ties[140]. » Et en effet, « l'improvisation non idiomatique, présente généralement dans l'improvisation dite "libre", a d'autres préoccupations. Bien qu'elle puisse elle aussi être très stylisée, elle n'est généralement pas liée à un langage particulier[141]. » Au lieu d'un langage ou idiome, Pressing propose un concept plus ouvert pour encadrer les pratiques de l'improvisation où les musiciens ont un modèle sur lequel s'appuyer. Pour Pressing, c'est le référent qui est central pour la délimitation de la pratique. Le référent est donc

> « […] an underlying formal scheme or guiding image specific to a given piece, used by the improviser to facilitate the generation and editing of improvised behaviour on an intermediate time scale. The generation of behaviour on a fast time scale is primarily determined by previous training and is not very piece-specific. If no referent is present, or if it is devised in real-time, we speak of 'free' or 'absolute' improvisation. This is much rarer than referent-guided, or 'relative' improvisation[142]. »

Le référent est un schéma sur lequel les musiciens se mettent d'accord au préalable, qu'il soit implicite ou explicitement défini. Notons que le référent dont nous parle Pressing n'appartient pas exclusivement à la musique et que ce référent peut être « a musical theme, a motive, a mood, a picture, an emotion, a structure in space or time, a

---

[138] « […] la loro produzione funziona solamente perché il pubblico ascoltatore riconosce questo quadro, anche se non ne detiene le regole precise e dettagliate. La condivisione di questo quadro generale, che fissa le regole con le quali si esercita l'improvvisazione, è anche il segno dell'appartenenza culturale ad un gruppo socialmente identificato » *in* Michel IMBERTY, « Sguardi dello psicologo sull'improvvisazione ed i sui contesti nella musica del XX secolo », *in* Alessandro SBORDONI (dir.), *Improvvisazione oggi*, pp. 3-14, p. 5.

[139] Derek BAILEY, *L'improvisation sa nature et sa pratique dans la musique*, *op. cit.*, p. XIV.

[140] Jean MARTIN, « Derek Bailey interview Aug 96 », p. 3, http://www.efi.group.shef.ac.uk/fulltext/mbailin2.html, consulté le 19 octobre 2018.

[141] Derek BAILEY, *L'improvisation sa nature et sa pratique dans la musique*, *op. cit.*, p. xiv.

[142] Jeff PRESSING, « Cognitive Processes in Improvisation », *op. cit.*, p. 346.

guiding visual image, a physical process, a story, an attribute, a movement quality, a poem, a social situation, an animal - virtually any coherent image which allows the improviser a sense of engagement and continuity. » *(ibid.*) Pressing attire l'attention sur le fait que, indépendamment de la présence de ce référent, il se créent des automatismes dans l'improvisation. Il faut donc bien distinguer les deux cas, car dans l'improvisation idiomatique comme dans celle non idiomatique ce processus est réalisé de la même manière. Elle opère sur ce que le musicien sait déjà jouer, sur tout son bagage musical acquis au cours de ces expériences, autrement dit, le musicien ne peut pas jouer ce qu'il ne sait pas jouer. Bailey écrit à ce sujet que :

> « all improvisation takes place in relation to the known whether the known is traditional or newly acquired. The only real difference [between idiomatic and non-idiomatic improvisation] lies in the opportunities in free improvisation to renew or change the known and so provoke an open-endedness which by definition is not possible in idiomatic improvisation[143]. »

Bailey soulève une caractéristique importante qui différencie l'improvisation basée sur un idiome ou référent, de celle que n'est pas contrainte à des règles déterminées : il peut modifier ses modes de jeu, ses expériences musicales et les faire évoluer continuellement et même détruire son langage pour en créer de nouveaux modes de jeu. Au contraire, dans le cadre d'une improvisation idiomatique, les relations musicales établies sont réalisées dans un cadre défini de références, où l'évolution du langage reste restreinte à celles-ci.

Quand nous parlons de l'improvisation idiomatique, comme l'a dit Bailey, cela correspond à des pratiques musicales qui sont déjà établies, avec des règles confirmées par sédimentation dans le temps. Stenström nous parle de cela également :

> « Traditions regarding aesthetic evaluation and sound ideals are connected partly with the referents, partly with the improvisational idiom itself, and partly with improvisations within the idiom, whether they are passed on in an aural tradition and/or in another way. The older an idiom, and the more 'house-trained' it is within the cultural establishment, the more probable it is that it has well-established traditions regarding aesthetic values, repertoire, sound ideals and referents. Non-idiomatic, free improvisation, has no well-established traditions regarding anything. Nor can I see that one would wish for such traditions regarding aesthetics and/or sound ideals[144]. »

---

[143] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 142.

[144] Harald STENSTRÖM, *Free ensemble improvisation*, Thèse de doctorat., Göteborg, Faculty of Fine, Applied and

Nous pouvons nous demander si, après cinquante années de pratique de l'improvisation libre dans la musique occidentale, des règles et des conventions se seraient mises en place. Est-ce que la pratique n'aurait pas des caractéristiques sédimentées qui puissent être considérées comme faisant partie d'un langage que lui soit propre ? Stenström nous dit que l'improvisation libre n'a pas de traditions bien établies et que cela ne serait pas souhaité par les musiciens. Or, c'est précisément cela que la thèse de André Bourgeois[145] essaie de démystifier. Sa recherche interroge l'idiomaticité de l'improvisation libre à travers les codes et règles qui se forment dans la pratique des musiciens improvisateurs. Il commence par expliquer que les pionniers de l'improvisation libre cherchaient utopiquement une improvisation *ex nihilo*, sans recours à ce que l'improvisateur connaissait de façon à réussir une improvisation complètement nouvelle. Toutefois, certains auteurs parlent des règles inhérentes à chaque musicien qui seraient implicites dans la pratique de l'improvisation. Bourgeois cite à ce propos Nachmanovitch : « Improvisation always has its rules, even if they aren't *a priori* rules : the practice follows sets of rules, after all, understood as the individual constraints and personal skills of its practitioners » *(ibid.*, p. 117, 118). Ce sont ces règles qui définissent la liberté de choix du musicien et qui « empêchent » le musicien de faire « n'importe quoi ». Finalement, ce sont ces contraintes et les compétences acquises au cours de la vie musicale du musicien, qui lui confèrent l'aptitude de jouer. Nachmanovitch affirme que « nous portons des règles dans notre organisme » *(ibid.*). Bourgeois essaie de montrer que pour que l'improvisation fonctionne, telle que l'activité humaine en général, elle a besoin de règles. Pour lui, « l'une des raisons pour lesquelles on ne peut pas dire que l'improvisation libre n'a pas de "règles" est que le succès de toute activité collective dépend de la mise en œuvre d'un dispositif familier pour tous les participants » *(ibid*., p. 125.). Il parle d'une « entente[146] » entre les musiciens pour que la performance improvisée fonctionne, de manière qu'ils opèrent sur les mêmes principes, même qu'elles soient générées au cours de la performance. Bourgeois dit : « In any case, in order for the work to be maintained,

---

Performing Arts, Academy of Music and Drama, University of Gothenburg, ArtMonitor, n° 13, 2009, p. 152.

[145] André Louis BOURGEOIS, *Unifying concerns and entente*, *op. cit.*

[146] « I propose this concept of entente [...] as a kind of emergent and temporary convention, a momentary stylistic agreement that caters to the momentary needs of the improvising group. It is characterized by a momentarily perceived sense of cohesion and is mediated by collectively observable and accessible performance materials. », *Ibid.*, p. 217.

some types of convention and idiomaticity may - indeed, must - be uncovered or constructed (even spontaneously) on some level. » *(ibid.*, p. 126)

Il y a absence d'un idiome formel dans l'improvisation libre. Nous pouvons vérifier que si les improvisateurs récupèrent du matériel idiomatique d'un certain genre musical, ce sera pour l'utiliser momentanément ou le déconstruire. D'ailleurs, Bourgeois remarque une différence entre les pionniers de cette pratique et les improvisateurs actuels : ces derniers ne s'empêchent pas d'inclure dans leur répertoire des éléments musicaux d'une certaine tradition. Pourtant, ces éléments seront rapidement transformés et détruits dans la performance. Même si un idiome formel ne peut pas être dégagé de la pratique improvisée, Bourgeois considère qu'une idiomaticité de l'improvisation libre peut être extraite par les « consistent values and principles that sustain the activity » *(ibid.*, p. 276) qui ont toujours existé dans la pratique et par « l'entente » qui s'établit lors de la performance improvisée.

1.4.3.3 Improvisation libre

Dans ce paragraphe, il s'agit de définir l'improvisation musicale libre, aussi appelée d'improvisation absolue, totale, non-idiomatique, musique librement improvisée, improvisation ouverte ou tout simplement d'improvisation musicale.

Mais qu'est-ce que l'expression « improvisation libre » signifie ? Est-ce que cela veut dire qu'il est possible de tout faire ? Nous nous demandons en quoi nous sommes libres pour improviser. Voici un inventaire proposé par Harald Stenström :

> « Les choses que l'improvisateur n'a pas la capacité de faire, en raison :
>
> - Des limitations physiques : les limites de l'instrument, de l'habileté technique de l'improvisateur, de son endurance...
> - Des limitations mentales : les limites de la concentration, de l'attention, de la mémoire, de l'inventivité...
>
> Les choses qui ne sont pas permises à l'improvisateur, en raison :
>
> - De limitations auto-imposées, éventuellement choisies collectivement : se contraindre à un certain registre, à une certaine échelle modale...
> - De limitations qui ne sont pas choisies (ou alors qui sont choisies de manière indirecte) : les contraintes qui sont inhérentes à un style, à certaines

conventions, à la notation[147]... »

Concernant le premier point, l'objectif d'un bon musicien serait de pouvoir dépasser ces limitations. Le musicien peut réduire au maximum ses limitations techniques par l'entraînement instrumental. Dans le cas des limitations physiques de l'instrumentiste (handicap, caractéristiques physiques[148]), l'improvisateur doit pouvoir intégrer dans sa façon de jouer ces limitations et explorer les autres possibilités disponibles. L'instrument pourra ne pas être capable de faire tout ce que l'instrumentiste souhaite au moment de la performance, mais le musicien pourra éventuellement retravailler son instrument ultérieurement. Par contre, l'instrument du musicien pourra ne pas être adapté au lieu de performance. Par exemple, une improvisation avec des instruments électroacoustiques ne peut exister que si l'espace dans lequel elle a lieu possède de l'électricité. Concernant le deuxième point, la première contrainte est souvent réalisée dans le contexte des répétitions, pendant lesquelles les musiciens essaient de travailler des aspects particuliers. Un exemple pourra être l'imposition du temps de performance à l'ensemble à cause des limites temporelles dans programmation d'un concert / festival. Le point suivant correspond aux pratiques d'improvisation idiomatique ou stylistique, qui, comme nous l'avons vu, respectent certaines règles. Ainsi pour la pratique de l'improvisation libre, Stenström nous montre les caractéristiques de cette liberté, auxquels nous ajouterons des remarques personnelles :

« 1 – is about being able and allowed to do things, not about what one actually does

2 – is not about freedom from something but about the freedom to do something. Freedom therefore is not about the avoidance of tonality, consonance, meter, and everything else likely to awaken associations with the past, but the unlimited possibilities of choice.

3 – is about not needing to obey any rules ("Free musicians are not obeying the rules!")

4 – stems from following impulses, rather than rules (where, however, impulse, just as little as improvisation, is just anything; it is not without structure, but is the expression of organic, immanent, self-creating structure)

5 – is not about what one is free from but about what one is free to do (to take the direction one wishes to, when one wishes to, that each co-musician has the possibility to direct the music at each moment, to play as if one did not have all one's earlier

---

[147] Harald STENSTRÖM, *Free ensemble improvisation*, *op. cit.*, p. 115. *in* Clément CANONNE, *Collective free improvisation*, *op. cit.*, p. 16.

[148] Un exemple caractéristique est la taille de la main des pianistes. Avec des mains trop petites, certains répertoires leur deviennent inaccessibles, par exemple le répertoire pour piano de Rachmaninoff.

practicing, muscle memory, and thoughts about music (like dancing strip tease without taking off one's clothes))[149]. »

Concernant le premier point, Bailey répond à Jean Martin[150] que, dans certains types de musique, le musicien est « fonctionnel et [il] fait des choses, [il] ne joue pas ». Bailey conclut : « there is more playing per cubic unit in free playing than there is in any other kind of music. So the freedom is just to play more. » *(ibid.*) Le musicien a donc la liberté de jouer véritablement ce qu'il a envie de jouer.

Le deuxième et troisième point montrent que, comme nous avons pu le constater, les musiciens actuels ne s'empêchent pas d'intégrer des éléments des traditions musicales du passé, pour les retravailler et les « déconstruire ». Le musicien actuel est encore plus libre que les pionniers qui essayaient de faire du nouveau. Nous avons vu que ces règles peuvent être considérées comme faisant partie de l'organisme du musicien et par conséquent il a la possibilité de faire évoluer ces règles.

Canonne[151] énumère les caractéristiques de l'improvisation libre que nous traitons également dans cette thèse :

- l'improvisation libre vient de la tradition occidentale et se distingue de l'improvisation des traditions musicales orales
- il s'agit d'une pratique collective où plusieurs musiciens créent simultanément
- elle est contemporaine et hétérogène (les musiciens peuvent venir de différentes formations)
- il s'agit d'une « musique d'art »

Nous ajouterons aussi qu'elle est ouverte à la prise en compte de l'environnement et dépend du contexte dans lequel la performance est insérée. Les différents acteurs qui rendent possible la pratique de l'improvisation sont en constante interaction entre eux, mais aussi avec leur entourage et tous les éléments qui en font partie. Nous ajoutons aussi que le fait d'être contemporain implique que nous ne pouvons pas nier le contexte socioculturel dans lequel gravitent les acteurs de l'improvisation libre. Nous allons détailler ces aspects dans le chapitre suivant.

---

[149] Harald STENSTRÖM, *Free ensemble improvisation*, *op. cit.*, p. 116.

[150] Jean MARTIN, « Derek Bailey interview Aug 96 », *op. cit.*

[151] Clément CANONNE, *Collective free improvisation*, *op. cit.*, p. 39-41.

Chapitre 2

Improvisation et complexité

Dans cette section, nous analysons le phénomène de l'improvisation à travers l'examen des relations qui se tissent entre les différents éléments qui constituent une situation de performance. Le développement de l'acte créatif et la génération des processus sonores sont une conséquence de la mise en évidence de ces relations et celles-ci prennent une importance déterminante. À partir de la notion de complexité et des systèmes complexes, nous allons analyser le rôle de chaque constituant du système du point de vue de son interaction avec l'entourage musical et non-musical et aussi avec l'environnement. Nous verrons donc l'importance des constituants n'ayant pas de moyens d'interaction sonore, car ils envoient d'autres types d'informations qui assurent leur appartenance au système. Le choix de s'appuyer sur les théories de systèmes est précisément dû à l'importance de l'interaction entre les différents éléments dans l'improvisation musicale.

Dans le cadre de notre recherche, l'interaction est la notion clé pour comprendre ce phénomène. L'analyse de l'improvisation à partir de la perspective de la théorie des systèmes permet de regarder le phénomène d'un point de vue externe où tous les éléments sont pris en compte. Cela s'oppose à une forme d'analyse réalisée seulement par l'observation des actions du musicien ou l'examen du résultat sonore d'une improvisation. À notre avis, ce type d'analyse est réducteur, car il ne montre pas tous les enjeux du phénomène et surtout ne permet pas d'expliquer les actions que les musiciens entreprennent à chaque moment de la performance. Les systèmes complexes permettent donc de mieux comprendre la dynamique de la performance improvisée et les processus de création associés.

Pour qu'un ensemble d'éléments forme un système complexe, il doit obéir à un certain nombre de propriétés. Nous allons les identifier et les expliciter dans l'analyse du phénomène de l'improvisation musicale. En effet, nous observons qu'il est possible de comparer ces situations aux comportements des systèmes tels que ceux des organismes vivants ou les systèmes sociaux, car comme nous allons observer, l'improvisation

musicale présente les mêmes propriétés dans les interactions entre les constituants du système et l'environnement.

2.1 Complexités et systèmes complexes

Pour autant notre approche de l'improvisation par la complexité des systèmes ne néglige pas le fait que la notion de *complexité* a été investie par différents auteurs depuis le début de la recherche systémique. Ainsi, nous pouvons remarquer que plusieurs formalisations de la complexité coexistent et certaines leurs incidences théoriques aideront à comprendre notre problématique. Ces différentes approches de la complexité seront localement abordées, car même si elles ont été développées dans des moments différents, nous pouvons voir qu'une base commune de la pensée systémique les traverse. Ces théories présentent des points de convergence qui nous permettent de mieux caractériser le phénomène *complexe* de l'improvisation musicale. Ainsi, la complexité dans la théorie de l'information introduite par Claude Shannon[152] apparue à la fin des années 1940, puis appliquée par Abraham Moles[153], sera articulée avec la pensée complexe d'Edgar Morin[154]. Celle-ci a été explicitée depuis les années 1970[155]. Leonardo Zoya et Pascal Roggero[156] remarquent par exemple que la pensée complexe de Morin « n'offre pas d'outils en permettant l'investigation empirique »[157], tandis que depuis les années 1980 l'Institut de Santa Fé[158] propose des recherches pratiques sur les systèmes complexes. Cet institut est devenu le pôle central de la recherche sur la science de la complexité. Il se consacre à la recherche basique et annonce cinq sujets généraux sur l'activité de ses chercheurs :

---

[152] C. E. SHANNON, « A Mathematical Theory of Communication », *Bell System Technical Journal*, 1948, vol. 27, nº 3, pp. 379-423.

[153] Abraham André MOLES, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, Denoël : Gonthier, 1972.

[154] Edgar MORIN, *La méthode*, Paris, Seuil, Opus, 2008. – La premier tome date de 1977 et la sixième et dernier tome de 2004.

[155] Morin fait la distinction entre la pensée complexe à laquelle il appelle « complexité générale » et les systèmes complexes qu'il appelle « complexité restreinte », *in* Leonardo Gabriel Rodriguez ZOYA et Pascal ROGGERO, « Sur le lien entre pensée et système complexes », *Hermes, La Revue*, 2011, n° 60, nº 2, pp. 151-156, p. 151. Dans cette perspective, Morin affirme que la complexité restreinte est incluse dans la complexité générale.

[156] Dans l'article Leonardo Gabriel Rodriguez ZOYA et Pascal ROGGERO, « Sur le lien entre pensée et système complexes », *op. cit.*, les auteurs remarquent que Edgar Morin ne s'est positionné par rapport aux systèmes complexes qu'en 2005, ce qui montre la distance entre ces approches.

[157] *Ibid.*, §2.

[158] « Santa Fe Institute », https://www.santafe.edu/, consulté le 22 octobre 2018.

« – la physique des systèmes complexes ;

– l'émergence, l'innovation et la robustesse dans les systèmes d'évolution ;

– le traitement et la circulation de l'information dans des systèmes complexes ;

– la recherche dynamique et quantitative du comportement humain ;

– l'émergence, l'organisation et la dynamique des systèmes vivants[159]. »

Nous avons adopté la théorie des systèmes complexes pour décrire notre approche de l'improvisation musicale, car nous pouvons y retrouver directement les propriétés de notre pratique créative. En effet, la théorie des systèmes complexes offre la possibilité de faire des comparaisons avec des exemples d'autres disciplines, notamment la biologie où les organismes ont certains comportements similaires aux systèmes que nous décrivons ici.

Par son interdisciplinarité, la théorie des systèmes complexes a été appliquée à différents domaines scientifiques. Dans les sciences sociales, notamment en sociologie, comme dans les sciences dures telles que la physique des particules, existent des approches des systèmes complexes. Ainsi, comme le note Kemal Delic : « Despite this omnipresence there is no commonly accepted, crisp and robust definition or classification of complex systems and one might ask why we would expect commonalities among such systems despite their obvious differences[160]. » Notre approche des systèmes complexes pour analyser l'improvisation musicale ne prend donc pas appui sur une seule formalisation de la théorie des systèmes, mais fait intervenir différentes approches de la pensée systémique.

Comme souligné en introduction de ce chapitre, l'analyse du phénomène de l'improvisation a été rarement analysée par la pensée systémique. Quelques exceptions existent néanmoins[161] : Cesare Natoli[162] et Sylvie Lannes[163] s'appuient sur la

---

[159] Liste retiré de Phivos-Angelos KOLLIAS, *Vers une pensée musicale orientée-système : l'œuvre musicale auto-organisante*, thèse de doctorat, Université Paris 8, 2017, p. 39.

[160] Kemal A. DELIC et Ralph DUM, « On the Emerging Future of Complexity Sciences », *Ubiquity*, mars 2006.

[161] Nous pouvons voir aussi des exemples de l'approche de la complexité en musique. E.g. le colloque « Musique et complexité : autour d'Edgar Morin et Jean-Claude Risset », *Centre de documentation de la musique contemporaine*, 28 octobre 2008, http://www.cdmc.asso.fr/fr/actualites/saison-cdmc/musique-complexite, consulté le 12 mai 2017.) ; la thèse de Sandrine Baranski : Sandrine BARANSKI, *La musique en réseau, une musique de la complexité ?*, thèse de doctorat, Université Charles de Gaulle, 2009. Et la thèse de Phivos-Angelos Kollias Phivos-Angelos KOLLIAS, *Vers une pensée musicale orientée-système : l'œuvre musicale auto-organisante*, *op. cit.*

[162] Cesare NATOLI, « Improvvisazione musicale e complessità », *TRÓPOS*, 2011, 2 (IV), Rethinking Creativity: Between Art and Philosophy, pp. 87-102.

[163] Sylvie LANNES, « L'improvisation libre à l'écoute de notre modernité », *in* Alain SAVOURET (dir.), *Introduction à un solfège de l'audible : l'improvisation libre comme outil pratique*, Lyon, Symétrie, pp. 151-159.

complexité d'Edgar Morin, l'approche de David Borgo dans son ouvrage *Sync or Swarm*[164] et le livre en ligne de Marcel Cobussen *Field Of Musical Improvisation*[165]. Alain Savouret ne formalise pas son approche à l'improvisation à partir des systèmes complexes, mais comme il affirme néanmoins que :

> « L'improvisation libre, s'il fallait trouver quelque modéle hors du domaine musical, a quelque chose à voir avec les systèmes dynamiques non linéaires, les phénomènes d'autoorganisation ou toute approche du "chaos déterministe". […] Un système complexe […] est composé d'un grand nombre de constituants en interaction et don't aucun sous-ensemble ne réalise de fonction pouvant se comprendre comme une sous-fonction définie du système global : tous concourent simultanément au comportement du système. […] On ne saurait trouver meilleure définition de ce qu'une improvisation libre collective recèle de "complexité" dans le partage indéfinissable des rôles de chacun pour aboutir à "de la cohérence" globale[166]. »

Borgo analyse le phénomène de l'improvisation à travers les systèmes complexes qui existent dans la biologie tel que les essaims d'abeilles qu'il utilise comme métaphore pour définir l'improvisation musicale en tant que « insect music ». Son approche tient en compte les interactions sociales dans la pratique collective de l'improvisation et pour cela il applique les théories de réseau et plus spécifiquement la théorie de l'acteur réseau. Son approche peut être résumée selon la citation de Albert-László Barabási qu'il inclut dans son texte :

> « We must move beyond structure and topology and start focusing on the dynamics that take place along the links. Networks are only the skeleton of complexity, the highways for the various processes that make our world hum. To describe society we must dress the links of the social network with actual dynamical interactions between people[167]. »

L'ouvrage de Cobussen part des idées de Borgo pour le développer dans une autre perspective : « However, whereas Borgo mainly uses this insight, stemming from complexity and chaos theories, to cast new light on the ways certain (free) improvisations develop and are constructed musically, my focus here will be more directed towards tracing the main actors and their collective interactions, operative

---

[164] David BORGO, *Sync Or Swarm: Improvising Music in a Complex Age*, New York London, Continuum, 2005.

[165] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*

[166] Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible*, *op. cit.*, p. 50 (note bas de page n.10).

[167] Albert-László BARABÁSI, *Linked: How Everything is Connected to Everything Else and What it Means for Business, Science, and Everyday Life*, Perseus Publications., New York, Plume, 2009, p. 225. *in* David BORGO, « Sync or Swarm: Musical Improvisation and the Complex Dynamics of Group Creativity », *in* Kokichi FUTATSUGI, Jean-Pierre JOUANNAUD et José MESEGUER (eds.), *Algebra, Meaning, and Computation, Essays Dedicated to Joseph A. Goguen on the Occasion of His 65th Birthday*, Springer-Verlag, 2006, pp. 1-24.

during a specific improvisation[168]. » Cobussen analyse les différents éléments que nous pouvons trouver dans une scène d'improvisation musicale à partir de concepts de provenances variées : Bruno Latour avec sa théorie de l'acteur réseau ; de la notion de milieu et ensemble de Deleuze et Guattari ; de l'écologie de Bateson ; de l'*Umwelt* et l'*Umweltlehre* de Uexküll ; des systèmes complexes du physicien Mitchell Waldrop ; et de l'intelligence collective par Pierre Levy. L'auteur ne se restreint pas à l'improvisation collective libre, car les caractéristiques de l'improvisation peuvent se trouver dans les différentes formes d'improvisation relevées dans le *continuum* qui propose Nettl (voir paragraphe 1.4.1.). Sa théorie du champ de l'improvisation musicale se résume dans la définition suivante :

> « an improvisation is an emergent, self-organizing, and adaptive structure, growing through constant adjustments and readjustments by the input from musicians (both learned and spontaneous [re]actions) and the environment (both human and non-human), and resulting in a perpetual negotiating between order and disorder, structure and chaos, free and fixes elements, stabilité, fluidity, etc[169]. »

Les compositeurs Horacio Vaggione et Agostino Di Scipio s'intéressent aussi aux systèmes complexes pour expliquer leurs approches (distinctes) à la composition. Dans plusieurs situations, leurs écrits peuvent bien s'étendre à l'improvisation musicale. Nous utiliserons leurs théories pour expliquer certains aspects de l'improvisation musicale. Dans notre approche des systèmes complexes, nous allons aussi essayer d'entrer dans le détail du fonctionnement des systèmes et de leurs propriétés pour voir comment les interactions y sont générées. Nous allons analyser l'évolution du système, résultat des interactions entre ses constituants, l'interrelation entre les différents systèmes qui sont en compétition avec lui et l'environnement. Nous allons regarder ensuite en détail chaque constituant du système pour comprendre leur rôle dans la démarche de l'improvisation. Notre approche se distingue toutefois de celle de Cobussen, car nous considérons les « actants » physiques, non pas comme il le fait en prenant comme éléments du système le passé, l'erreur, le contexte social et culturel, la technologie et l'internet. Nous nous référerons à ces éléments dans la description des musiciens ou des instruments numériques, mais non pas comme un autre élément autonome à l'intérieur du système.

---

[168] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 28.

[169] *Ibid.*, p. 86.

2.2 Caractérisation des systèmes complexes

Le mot « complexe » vient du latin *complexus* et *complecti,* qui signifient respectivement « tissé ensemble » et « ce qui contient des éléments différents[170]. » Nous sommes face à un système complexe lorsque ces éléments hétérogènes se rencontrent et rencontrent leur environnement pour se tisser entre eux. Cela intéresse les chercheurs qui se consacrent à l'étude des problématiques du chaos, du désordre dont, depuis le milieu du XX[e] siècle. Nicolas Darbon explique l'apparition de la notion de complexité :

> « Le concept de complexité correspond à une époque où la gestion des grands nombres est devenue centrale, des masses, l'informatique et les "nouvelles sciences", l'étude des phénomènes échappant de prime abord au déterminisme, la remise en question des représentations, des interprétations. La complexité renvoie au Vivant (par opposition aux machines aveugles), aux systèmes dynamiques, aux flux, aux interactions et à l'environnement, bref à l'écologie au sens large[171]. »

La recherche sur la théorie des systèmes commence dans les premières décennies du XX[e] siècle. Selon certains auteurs[172], ce sont des recherches menées pendant la Seconde Guerre mondiale qui déclencheront l'intérêt pour l'étude des systèmes complexes. Dans cette période, des chercheurs de différents domaines scientifiques ont travaillé ensemble à la résolution de problèmes pratiques tels que la correction de la trajectoire des missiles.

Dans un article de 1948, Warren Weaver introduit la notion de complexité dans les sciences. Il distingue la « complexité désorganisée » et la « complexité organisée » en confrontation avec les « problèmes de simplicité » qui caractérisent la science avant les années 1900 où les problèmes sont d'après lui déterminés par l'analyse d'un nombre réduit de variables. Les problèmes de complexité désorganisée sont ceux où :

---

[170] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 117. À noter aussi que « Quand le système est compliqué, nous sommes en capacité de trouver une ou des solutions, car un système dit « compliqué » est constitué d'un ensemble de choses simples. Il suffit d'un peu de rigueur, de connaissance et de temps pour comprendre son fonctionnement. La méthode générale consiste d'abord à décomposer et isoler chacun des éléments (en composants simples ou en notions simples) pour être ensuite capable de les réassembler. » *in Ibid*., p. 118.

[171] Nicolas DARBON, « Syntaxe et plasticité musicales depuis 1945 : nouvelles technologies, nouvelles écritures », *Plastir*, septembre 2007, n° 8, Plasticités Sciences Arts, p. 1.

[172] Par exemple Daniel DURAND, *La systémique*, Paris, Presses universitaires de France, 2013 Kemal A. DELIC et Ralph DUM, « On the Emerging Future of Complexity Sciences », *op. cit.*

> « the number of variables is very large, and one in which each of the many variables has a behavior which is individually erratic, or perhaps totally unknown. However, in spite of this helter-skelter, or unknown, behavior of all the individual variables, the system as a whole possesses certain orderly and analyzable average properties[173]. »

Weaver montre que la science peut analyser des problèmes avec un nombre réduit de variables et peut prédire statistiquement le comportement d'un large nombre de variables, mais le comportement de systèmes « dealing simultaneously with a *sizable number of factors which are interrelated into an organic whole » (ibid.*) reste à analyser. Notre problématique s'insère dans ce dernier cas – les problèmes de complexité organisée – selon la dénomination de Weaver, car les variables ne se comportent pas d'une manière totalement aléatoire.

Avant d'entrer dans l'application des théories des systèmes complexes à l'improvisation musicale, nous tenons à motiver ce choix pour cette analyse. Nous nous rendons compte que le résultat musical improvisé est la conséquence de l'interaction d'un ensemble d'éléments. La complexité montre que ces interactions vont au-delà d'un « anthropocentrisme musical », comme l'appelle Cobussen. Dans la perspective anthropocentrique, l'accent se pose seulement sur les actions des instrumentistes dans le développement créatif. Le but sera d'examiner cette action comme un élément d'un réseau plus large où d'autres éléments ont un rôle aussi important pour l'évolution ou coévolution du système. Cobussen explique cette ambition :

> « More emphasis on systems that involve internal dynamics, interaction with their environment, as well as a pronounced ability to adapt to new circumstances and conditions may offer alternative insights into the working of improvisation in music without taking the human agent as an indispensable starting point[174]. »

Cette perspective est partagée par Jocelyn Bonnerave qui montre que cette manière de regarder l'improvisation ouvre cette pratique à la notion d'écologie :

> « j'ai surtout été conduit à utiliser la notion d'écologie parce que les performances qui nous intéressent sont d'autres exemples d'interactions face à face qui engagent plus que ce face-à-face, et peuvent se coupler avec d'autres éléments, avec des éléments du *milieu*. L'approche territoriale de Goffman peut donc être prolongée et ouverte par la notion d'écologie telle que Bateson se l'approprie, élargissant du même coup le domaine

[173] Warren WEAVER, « Science and Complexity », *American Scientist*, 1948, vol. 36, nº 536–544, p. 539.

[174] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 44.

d'application de ce qu'on peut appeler interaction[175]. »

Dans les prochains paragraphes, nous commençons pour définir un système et exposer les caractéristiques nécessaires pour respecter la complexité telle que nous l'envisageons dans l'improvisation musicale.

2.2.1 Le système de l'improvisation musicale

Une définition simple est donnée par le biologiste Ludwig von Bertalanffy dans son livre sur la théorie générale des systèmes : « A system can be defined as a complex of interacting elements[176]. » La simplicité de cette définition est critiquée par le philosophe Jean-Louis Le Moigne[177] qui propose une description plus générale du concept. Pour lui, un système est composé par :

quelque chose (n'importe quoi, présumé identifiable)

qui *dans* quelque chose (environnement)

pour quelque chose (finalité ou projet)

fait quelque chose (activité = fonctionnement)[178]

Les éléments que nous pouvons identifier qui pourront constituer le système de l'improvisation électroacoustique sont :

- les instrumentistes et leurs instruments (numériques ou acoustiques),
- le public,
- le système de diffusion sonore
- et l'espace de performance[179].

---

[175] Jocelyn BONNERAVE, « Improviser ensemble. De l'interaction à l'écologie sonore », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, mai 2010, nº 18, pp. 87-103, p. 101.

[176] Ludwig van BERTALANFFY, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*, New York, Braziller, 2003, p. 55.

[177] Le Moigne écrit : « Hélas ! Car on montrerait sans peine que cette définition analytique et ensembliste a fourvoyé bien des chercheurs qui ne perçurent pas le passage qu'elle autorisait avec d'autres définitions, au moins aussi fécondes » *in* Jean-Louis LE MOIGNE, *La théorie du système général : théorie de la modélisation*, Paris, Presses universitaires de France, 1994, p. 61. et il cite Réné Thom qui a fort clairement souligné cette difficulté : « *on définit en général un système comme un ensemble d'éléments en interaction. Ce qui conduit à deux questions délicates :* 1) *il peut n'être pas clair de définir les éléments du système et cette définition peut impliquer un choix arbitraire ;* 2) *inversement, si les éléments sont morphologiquement définis, on ne sait pas caractériser si un ensemble d'éléments forme un système ou non.* » *in* René THOM, *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, Paris, UGE, 1974, nº coll. « 10/ 18 », p. 130.

[178] Jean-Louis LE MOIGNE, *La théorie du système général*, *op. cit.*, p. 61-62.

[179] Nous pourrions élargir le système à tous les autres éléments qui vont rendre possible l'événement, dans le *musicking* tel que a défini Christopher Small (Christopher SMALL, *Musicking*, *op. cit.*). En effet, l'expérience nous a montré des exemples où d'autres éléments ont un impact immédiat dans la performance des musiciens. Par exemple, l'échec des performances lors de la mauvaise humeur des musiciens quand les conditions d'accueil données

En reprenant la définition de Le Moigne nous pouvons dire que ces éléments (quelque chose), dans un espace de performance (un milieu) inséré *dans* l'environnement *pour* réaliser un concert, une performance ou une répétition (dans quelque chose, pour quelque chose), réalisent une multitude d'actions (fait quelque chose) pour développer un processus créatif dans le domaine du sonore – l'improvisation musicale. De ce processus créatif résulte finalement ce produit éphémère de l'improvisation qui sera le résultat émergeant du processus des interactions sonores.

Durand, pour l'aspect structurel du système, ajoute une *frontière* au *quelque chose* – les éléments que nous avons décrits –, pour que ce « quelque chose » soit identifiable comme partie intégrante du système et non pas partie de l'environnement. Par exemple, la peau de notre corps, les murs d'une salle de concert ou le son même comme nous verrons plus tard. La frontière du système définit la possibilité d'échanges avec l'environnement[180]. Durand met dans la structure du système un *réseau de relation, de transport et de communication*. Dans notre cas, ce seront les informations musicales que chaque élément peut « transporter », c'est-à-dire la capacité d'interaction des éléments du système. Et des *réservoirs* d'information qui seront composés par l'histoire culturelle, musicale et sociale des instrumentistes et éventuellement des mémoires physiques que les instruments numériques peuvent contenir. L'improvisation musicale pourra être vue comme l'interaction entre les différentes formes d'articulation de ces réservoirs par les différents éléments du système.

Dans la Figure 2, le paradigme systémique est présenté avec les échanges que les éléments font à l'intérieur du système et avec l'extérieur dans la poursuite de ses objectifs. Le système, avec sa *structure* hétérogène*,* réalise des *activités* dans le but d'achever les *finalités* du système. Le système inséré dans un *environnement* interagit avec lui en continu. Dans la figure, les blocs sont connectés entre eux, chacun étant influencé par l'autre : chaque composant évolue par l'action de l'autre. En effet, c'est le comportement collectif que nous essayons d'analyser et non pas des traits spécifiques isolés à l'intérieur du système. Par exemple, l'activité du système pourra s'adapter à une influence de l'environnement pour réussir à concrétiser la finalité pour laquelle le système existe et qui à son tour modifie l'environnement. Nous développerons plus

---

par les équipes d'organisation ne sont pas adéquates.

[180] Cette frontière peut être une *interface* quand elle sert à la communication entre systèmes distincts.

avant ces questions des boucles d'actions.

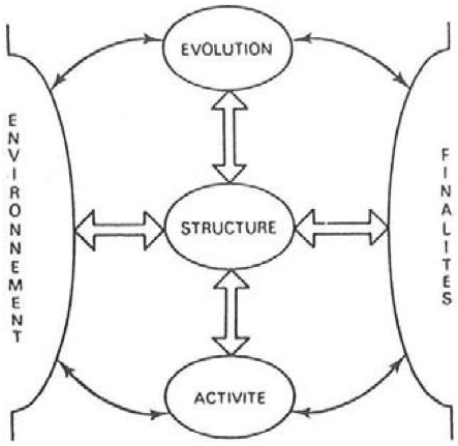


Figure 2 – Paradigme systémique d'après Jean-Luois Moigne[181]

Notons que la description de Le Moigne n'inclut pas l'évolution que nous voyons dans la Figure 2. Pour comprendre la façon dont l'évolution du système complexe se réalise, nous nous appuyons sur la perspective de l'enaction et de l'évolution par dérive naturelle de Francisco Varela. Nous allons exposer l'évolution du système dans le paragraphe 3.4.

Durand énonce quatre concepts fondamentaux dans la pensée systémique : l'interaction, la globalité, l'organisation, et la complexité[182]. Nous allons résumer les importants aspects de ces concepts dans les prochains paragraphes. Pour l'improvisation musicale, Cobussen ajoute la singularité, dans la mesure où une performance est réalisée dans un contexte avec des caractéristiques uniques qui définissent ce moment créatif.

2.2.1.1 Interaction

Concernant le concept d'interaction, Bertalanffy précise :

> « Interaction means that elements, *p,* stand in relations, *R,* so that the behavior of an element *p* in *R* is different from its behavior in another relation, *R′.* If the behaviors in *R* and *R′* are not different, there is no interaction, and the elements behave independently

[181] Jean-Louis LE MOIGNE, *La théorie du système général*, *op. cit.*, p. 58.

[182] Daniel DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, p. 10-12.

with respect to the relations *R* and *R'*[183]. »

De cette définition, la première propriété que nous extrayons est que chaque élément du système a une action sur les autres. Dans notre système, les interactions se réalisent de manières différentes et entre éléments distincts. En effet, dans notre cas, seuls les instrumentistes ont des moyens autonomes de déclencher cette interaction. Ce sont les interactions entre les instrumentistes du système, car l'interaction dépasse le plan sonore et inclut toute leur présence. Cela est bien illustré dans la description de l'interaction donnée par Erving Goffman :

> « il s'agit de cette classe d'événements qui ont lieu lors d'une présence conjointe et en vertu de cette présence conjointe. Le matériel comportemental ultime est fait des regards, des gestes, des postures et des énoncés verbaux que chacun ne cesse d'injecter, intentionnellement ou non, dans la situation où il se trouve[184]. »

Nous allons analyser les différents types d'interaction entre les constituants du système dans le paragraphe 2.3.

2.2.1.2 Totalité / globalité

Le comportement d'un système ne peut pas être compris par le comportement individuel des constituants, mais par l'ensemble de ceux-ci. En effet, chaque élément se comporte différemment s'il est analysé isolément ou à l'intérieur du système. Cela veut dire aussi que le système n'est pas explicable par la décomposition dans ses constituants, car son fonctionnement ne sera plus le même. En résumé : « un système ne se comporte pas comme un simple agrégat d'éléments indépendants, il constitue un tout cohérent et indivisible[185]. »

Par exemple, un instrumentiste qui improvise seul, chez soi avec son instrument, ne fera pas le système de l'improvisation musicale dont nous parlons ici. Ce sont les différentes relations avec les autres éléments qui vont générer le comportement du système. Rappelons les mots de Laborde : « l'acte d'improvisation naît de la rencontre d'un improvisateur et d'une audience… ». Cela montre l'importance de la présence de

---

[183] Ludwig van BERTALANFFY, *General System Theory*, *op. cit.*, p. 55.

[184] Erving GOFFMAN, *Les rites d'interaction*, *op. cit.*, p. 7.

[185] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 43.

ces deux éléments pour que les interactions aient lieu et ainsi faire émerger des comportements qui seraient irréalisables s'ils étaient isolés.

2.2.1.3 Organisation

Ce qui distingue le chaos et le désordre de l'environnement d'un système est son organisation. Il s'agit du concept fondamental pour comprendre un système. L'organisation d'un système est un ensemble de relations fonctionnelles qui déterminent son unité ou sa forme. Elle s'établit par l'échange d'informations – les interactions – entre ses éléments. Comme le dit Sandrine Baranski :

> « Un système se forme dès que des éléments entrent en interaction les uns avec les autres. D'après Edgar Morin, la première cybernétique a évolué de l'art/science de la gouverne vers la complexité (ou seconde cybernétique) qui est l'art/science de piloter ensemble. Or, "piloter ensemble" signifie que des éléments communiquent entre eux pour constituer un système. La notion d'information est fondamentale pour expliquer toute forme d'organisation complexe de la nature. Échanger de l'information, c'est créer de l'organisation communicationnelle. L'information est créatrice[186]. »

L'organisation est donc un processus par laquelle les éléments trouvent une forme. Nous pouvons voir l'importance de la communication pour l'établissement de l'organisation d'un système et donc de l'interaction. Durand énumère deux types d'organisation : de type fonctionnel où des sous-systèmes ou modules composent le système ; et de type hiérarchique, ou niveaux. Par exemple, une performance d'improvisation musicale peut avoir lieu si elle est validée par un département de musique d'un conservatoire. Le système dépend donc d'un niveau supérieur. Les interactions entre les constituants dans ces niveaux supérieurs et entre les autres systèmes de ce même niveau rendent possible l'existence du système que nous avons analysé. Notre cas d'étude est composé par plusieurs éléments indépendants et donc il est plutôt de type fonctionnel avec des sous-systèmes tels que les instrumentistes. Cependant, nous verrons que dans son interaction avec l'environnement et les autres systèmes existants dans la société, d'autres niveaux hiérarchiques peuvent émerger. Par exemple, nos ensembles *Grand8* et *Unmapped* s'organisent en association culturelle

---

[186] Sandrine BARANSKI, *Manières de créer des sons : l'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe)*, http://demeter.revue.univ-lille3.fr/lodel9/index.php?id=260, consulté le 5 mars 2017.

(donc un niveau au-dessus de l'ensemble musical) pour créer d'autres types d'interaction avec le monde. Cet exemple montre la relation entre les situations créatives de performance et des systèmes parallèles, concurrents ou supérieurs, de complexité. Dans les groupes où nous jouons, il était nécessaire de créer un niveau parallèle pour produire d'autres interactions et participer à des projets.

L'association loi 1901 de *Grand8*[187] s'est constituée pour pouvoir organiser des concerts dédiés à l'improvisation. Un bureau a été créé avec des personnes extérieures à l'ensemble musical. À la demande du bureau, *Grand8* a mis en place un « collège » d'observateurs pour discuter des activités de l'ensemble et ouvrir un débat autour de la pratique musicale improvisée. Suivant cette logique, il y a donc deux autres systèmes qui se sont créés autour de *Grand8* et qui interagissant entre eux ont un impact sur les autres.

Ces systèmes sont pourtant dépendants de l'ensemble musical, mais en même temps, dans un niveau supérieur, ils fonctionnent de la même manière que dans le cas du *Grand8* : le bureau, le collège et l'ensemble musical sont d'accord dans les principes d'évolution du projet, et avec les mêmes intentions, ils se coordonnent et coopèrent dans leurs interactions, de manière à atteindre des objectifs communs. C'est à dire, dans ce cas, la promotion et la diffusion de la pratique de l'improvisation musicale libre.

2.2.2 Spécificités de la complexité

Présenter les caractéristiques d'un système d'improvisation musicale nous permet de constater que cette pratique peut être rapprochée de la notion de complexité. La définition de Le Moigne d'un système complexe nous semble en effet tout à fait applicable à notre cas :

> « Un système complexe est, par définition, un système construit par l'observateur qui s'y intéresse. Celui-ci postule la complexité du phénomène sans pour autant s'astreindre à croire à l'existence naturelle d'une telle propriété dans la nature ou dans la réalité. La

[187] Nous avons fait une étude ethnographique de l'ensemble *Grand8* pour une communication dans le colloque « Performing New Music » à l'Université Nova de Lisbonne. Dans cette communication nous avons décrit en détail les relations entre les niveaux du système complexe qui composent cet ensemble. La communication (en anglais) est disponible dans l'Annexe 2. (Maxime LE CALVÉ, « Performing "New" Music: Ethnographies of Musical Creativities », *Performing "New" Music: Ethnographies of Musical Creativities*, https://workshopmusicalcreativities.wordpress.com/, consulté le 15 juin 2019.)

> complexité, qui implique toujours quelque forme d'imprévisibilité, ne peut aisément être tenue pour déterministe. De façon générale, en revanche, la complexité est représentée par un enchevêtrement d'interactions en inter-relations[188]. »

Pourtant, celle-ci ne nous aide pas à comprendre totalement les caractéristiques de la complexité du système. Bien que le système complexe soit imprévisible dans son évolution, les interactions d'un ensemble sont une caractéristique d'un système général. Plus concrètement :

> « Un système complexe est défini comme un ensemble d'éléments en interaction entre eux et avec l'extérieur. Par essence il s'agit de systèmes ouverts, hétérogènes dans lesquels les interactions sont non linéaires et dont le comportement global ne peut être obtenu par simple composition des comportements individuels[189]. »

De cette affirmation, nous pouvons retirer les propriétés qui caractérisent un système complexe :

- la nature de ses constituants (leur type, leur structure interne) ;
- son aspect ouvert et chaotique (influences extérieures à différentes échelles) ;
- ses caractéristiques auto-organisatrices et homéostatiques (résilience) dominée par les couplages et les rétroactions (interactions non linéaires, souvent de différents types) ;
- sa capacité d'évolution vers de nouveaux systèmes *à propriétés émergentes* et imprévues.

Nous allons analyser ces quatre caractéristiques des systèmes complexes en relation avec le cadre de notre pratique créative. Nous questionnerons ainsi si une situation d'improvisation musicale peut correspondre à un système et ensuite si elle obéit aux propriétés qui caractérisent un système complexe.

2.2.3 Les constituants

La constitution d'un système peut être très variée. Ses constituants peuvent avoir des structures simples ou être des systèmes complexes en soi, qui évoluent dans le temps.

---

[188] Jean Louis LE MOIGNE, *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod, 1999, p. 24 cité par Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 117.

[189] Philippe ANIORTÉ, Eric GOUARDERES et E. CARIOU, « Modélisation de systèmes complexes distribués : l'ingénierie des modèles pour l'intégration des paradigmes agent et composant », *2e Journée Multi-Agent et Composant*, mars 2006, Nîmes, pp. 1-11, p. 3 cité par Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 117.

Les réseaux neuronaux ou les systèmes sociaux sont deux exemples de systèmes avec des structures simples et complexes respectivement. Il faut rappeler que ces éléments indépendamment ne forment pas le système, mais dans l'interaction entre eux en vue d'une finalité établie. Nous avons énuméré les constituants du système auparavant, mais il nous faudra justifier l'inclusion de chaque élément et le caractériser. En effet, le système de l'improvisation musicale est constitué par des sous-systèmes complexes tels que les instrumentistes, le public, le couple instrumentiste/instrument ou même les instruments musicaux. Le cas naturellement évident est l'instrumentiste qui, dans la complexité de son organisme vivant, a comme finalité principale de participer à la boucle d'interactions du système. En même temps que son organisme préserve les conditions nécessaires pour le maintenir en vie, il effectue des actions pour interagir avec les autres constituants. Il évolue à chaque instant par les expériences accumulées, conséquence de l'interaction avec le système et il est en transformation continue, résultat de son autorégulation.

Nous pouvons penser au système complexe de l'improvisation qui inclut les humains comme sous-systèmes complexes. Pour que les finalités du système d'improvisation soient accomplies, la finalité des sous-systèmes, les instrumentistes dans ce cas, doit être en syntonie, c'est-à-dire avec les mêmes intentions. Cela signifie qu'ils doivent coopérer pour faire évoluer le système dans le même sens. Cobussen utilise la notion d'*actant* de Bruno Latour pour justifier l'inclusion des différents éléments non humains du système. Dans la théorie acteur-réseau, Latour considère comme importante l'analyse de tous les éléments et des relations entre les différents types d'activités qui peuvent changer l'état du réseau. En effet, ces éléments ont ce qu'il appelle la *capacité d'agir (agency* en anglais) comme « the capacity of an actant to change the environment. Through agency, humans and objects are able to interact[190]. » La première relation qu'un constituant du système peut établir est sa présence – l'ensemble des constituants va définir la composition du système. Celle-ci définit sa complexité structurelle qui est caractérisée par le nombre de constituants et la multiplicité des situations possibles de chacun de ses constituants dans ce groupe. Selon la théorie de l'information de Abraham Moles[191], la complexité structurelle augmente avec deux

[190] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 45.

[191] Abraham André MOLES, *Théorie de l'information et perception esthétique*, *op. cit.*

facteurs : le nombre d'éléments dans le système et l'imprévisibilité d'occurrence d'un événement provoqué par un de ces constituants. La probabilité d'interactions qui se mettent en place dans le système dépend du nombre de constituants de celui-ci et, par conséquent, un plus grand nombre de constituants provoque une augmentation d'information du système, comme résultat du probable accroissement du nombre d'interactions. Moles précise que « la complexité d'un ensemble organisé d'éléments (organisme) est liée directement à ce qu'on pourrait appeler l'*originalité* de la configuration topologique de ces éléments (pattern)[192]. » Le nombre d'états et de configurations du système augmente et permet une variété plus grande des situations.

Nous pouvons bien observer ce phénomène dès lors que l'on compare les interactions d'un trio d'instrumentistes et celles d'un grand ensemble lors d'une improvisation libre. Dans ce dernier cas, le nombre de possibilités d'interaction est très grand et cela se laisse facilement entendre lors d'un début de performance : un ou deux instrumentistes démarrent un geste musical et les autres instrumentistes rejoignent ce flux[193] en contribuant chacun avec son geste sonore. Chaque nouvel instrument possède un nombre plus grand de possibles interactions. À partir de cette description, il n'est pas surprenant que Borgo analyse l'improvisation libre comme une « musique en essaim ». De nombreuses interactions entre membres sont menées avec les mêmes intentions (bien que celles-ci puissent varier localement) provoquant une densité énorme d'échanges analogues à ceux d'un essaim d'insectes. Trestini résume bien cette situation : « c'est bien la variété des interactions entre ses constituants et la variété des constituants eux-mêmes qui sont à l'origine de l'évolution globale des systèmes complexes[194]. »

---

[192] *Ibid.*, p. 54.

[193] La notion de flux de Mihaly Csikszentmihalyi est utilisé par Keith Sawyer pour expliquer les actions collectives, le flux de groupe où « the skills of an individual are perfectly matched to the challenges of a task, and during which action and awareness become phenomenologically fused to include the process of entire groups performing at their peak », *in* David BORGO, « Sync or Swarm », *op. cit.* Le son peut être l'émergence de cet état de flux des instrumentistes.

[194] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 118.

2.2.4 L'ouverture du système d'improvisation

L'ouverture du système est une condition nécessaire (mais non suffisante) à sa complexité. En effet, les systèmes peuvent être ouverts, fermés ou isolés. Nous pouvons les distinguer par l'interaction avec l'environnement : « We term a system "closed" if no material enters or leaves it[195]. » Le système est en « relation permanente avec son environnement[196] ». Les perturbations aléatoires qui arrivent de l'extérieur (ou des constituants mêmes du système) provoquent des altérations à la structure qui, pour garantir son autonomie[197], essaye de les intégrer de façon consistante vers la finalité du système :

> « Dans un système ouvert, les influences réciproques entre l'activité du système, son environnement et ses finalités modifient continuellement sa structure. Les bruits aléatoires, issus de l'environnement ou des constituants du système, sont actifs sur les relations qui lient ces derniers. Ces événements difficilement contrôlables (caractère aléatoire du bruit) sont autant de perturbations qui contribuent à modifier le système. Qu'ils soient internes ou externes, ils le modifient en le faisant évoluer vers des formes nouvelles et le plus souvent inconnues[198]. »

David Borgo, saxophoniste improvisateur et ethnomusicologue, évoque l'ouverture d'un système complexe à son environnement en proportion avec la complexité de sa clôture. Il parle de la clôture opérationnelle[199] par rapport à la préservation de sa complexité structurelle. Par exemple, pour maintenir le système dans ses objectifs, on refusera d'introduire volontairement des éléments étrangers à celui-ci. Le fait qu'un système soit ouvert à son environnement signifie que celui-ci fonctionne en même temps que d'autres systèmes complexes. Pour Borgo, les perturbations qui contribuent

---

[195] Ludwig van BERTALANFFY, *General System Theory*, *op. cit.*, p. 121. Mais le système fermé permet l'échange de la chaleur et du travail, pendant que le système isolé ne permet aucune échange avec l'environnement.

[196] Nous évoquons ici de façon récurrente l'environnement représentant le chaos et le désordre, mais l'environnement n'est pas pré donné, il est une création des systèmes. Varela cite le biologiste Richard Lewontin : « [...] L'environnement n'est pas une structure imposée aux êtres vivants de l'extérieur mais, en fait, une création de ces êtres. L'environnement n'est pas un processus autonome, mais une réflexion de la biologie de l'espèce. Tout comme il n'y a pas d'organisme sans environnement, il n'y a pas d'environnement sans organisme ».

[197] « autonomy, which is defined as a network of dynamical processes (metabolic, immune, neural, sensorimotor, etc.) that actively generates and sustains an identity under precarious conditions. An autonomous system constantly produces itself physically, and regulates its interactions with the world to satisfy the needs created by its precarious condition » *in* Valentina FANTASIA, Hanne DE JAEGHER et Alessandra FASULO, « We Can Work it Out: an Enactive Look at Cooperation », *Frontiers in Psychology*, 2014, vol. 5, p. 4.

[198] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 120.

[199] « Un système possédant une clôture opérationnelle est précisément un système dont les résultats des processus sont ces processus eux-mêmes » » *in* Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 242.

à modifier le système se réalisent par la communication avec l'environnement :

> « The "interior" of a system, therefore, is not defined by a structural boundary, but by a zone of reduced complexity. In other words, communication within a system operates through a particular medium and by selecting only a limited amount of all available information. Systems are thus only able to increase their internal complexity based on what the system recognizes as external irritations[200]. »

L'environnement infiniment chaotique envoie en continu de l'information au système complexe qui l'accepte et l'intègre ou bien le rejette. Nous pouvons considérer les systèmes complexes comme des sous-ensembles d'éléments en interaction entre eux qui réduisent la complexité de l'environnement. Ils se créent en conséquence de la finalité qui les a assemblés, mais toujours ouverts au monde avec lequel le système est en constante interaction. Makis Solomos souligne cette ouverture de la musique au monde :

> « Le concept d'espace-son suppose que la musique s'intéresse désormais à son environnement, lequel peut aller jusqu'à *interagir* avec cette dernière, le son et l'espace entraînant précisément une réflexion sur la notion d'environnement. En quelque sorte, sans nécessairement abandonner la notion d'œuvre, la musique tend à "sortir" d'elle-même pour s'ouvrir au "monde" et à ses interactions[201]. »

Or, un des objectifs initiaux de l'improvisation musicale a été précisément l'abandon de la notion d'œuvre et de sa hiérarchie. Elle rejoint l'écologie sonore dans cette préférence pour le processus sonore, où les musiciens sont *utilisés* par les sons, comme le dit Solomos dans le même article. La capacité de changement de la complexité structurelle du système de l'improvisation montre déjà un élargissement du modèle conventionnel de la musique écrite, car il est dans sa genèse ouvert à l'intégration de tout ce qui est à l'intérieur de la zone de complexité réduite – le milieu avec le public présent. Cette ouverture du système au monde devient aussi claire quand nous analysons certaines performances d'improvisation où des sons inattendus de l'environnement deviennent un nouvel élément de la performance. Par exemple, un ensemble musical pourra rejeter des applaudissements hors contexte et continuer à jouer[202] en ignorant ce bruit « hors la norme ». Un autre cas de figure peut être

---

[200] David BORGO, « Improvisation as Art: Conceptual Challenges, Historical Perspectives, Edgar Landgraf », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, janvier 2014, vol. 9, nº 1.

[201] Makis SOLOMOS, « Entre musique et écologie sonore : quelques exemples », *Sonorités*, 2012, nº 7, pp. 167-186, p. 172.

[202] On parle aussi d'un système quasi fermé, quand le système permet des interactions bien définies avec

d'accepter de jouer avec la très commune sirène d'ambulance qui passe à l'extérieur et qui traverse la frontière du système. Ce son devient alors une suggestion sonore que les musiciens intègrent dans la performance. Un exemple s'est produit lors d'une répétition en mars 2017 avec le grand ensemble d'improvisation où nous jouons, *Grand8*, où, pour démarrer l'improvisation, nous avions décidé de commencer après un silence absolu de dix secondes. À la moitié de ce silence, une chaise tombe accidentellement provoquant l'abandon immédiat de la règle imposée et permettant ainsi le déclenchement du flux sonore de l'ensemble.

Borgo met en évidence des questions par rapport au niveau d'ouverture du système :

> « If too much exchange is fostered with outside forces, the identity of a system may be put in jeopardy. Likewise, if too little exchange is allowed or encouraged, a system may decline either from reduced internal dynamics, or from its inability to continue to adapt to the changing dynamics of its environment[203]. »

L'ensemble *Grand8* peut être un exemple de comment maintenir cette identité : des règles de participation dans le groupe ont été établies pour que le travail ait une continuité. Ainsi, les éléments sont censés participer à plusieurs répétitions consécutives. Si ce n'est pas le cas, le musicien devra renoncer à sa participation, d'au moins jusqu'à quand il pourra à nouveau être pleinement disponible au travail dans l'ensemble. Toutefois, la dynamique de l'ensemble est réussie par la variation de la complexité structurelle du système – l'invitation des improvisateurs occasionnels et la variété des instruments utilisés à chaque répétition.

2.2.5 Rétroaction, auto-organisation, état stationnaire

Un cas particulier dans l'échange d'information à l'intérieur du système est le principe de rétroalimentation ou rétroaction. Celui-ci est introduit par la cybernétique avec la création des systèmes d'auto-contrôle ou auto-régulation avec un objectif déterminé. Le système capte les variations de son environnement et utilise cette information pour changer son fonctionnement selon la finalité du système ; ce changement va donc affecter l'environnement qui envoie de nouvelles informations au système qui à son

---

l'environnement.

[203] David BORGO, « Sync or Swarm », *op. cit.*, p. 15.

tour essaie de rétablir l'état de convergence établi par un agent externe. Dans le cas musical, par exemple, un instrumentiste injecte une trame sonore au système qui provoquera par conséquent une réaction par les autres constituants. Ceux-ci rétro-alimentent le système avec une nouvelle information. Un cas concret peut être un son joué par un instrumentiste qui, projeté dans une cathédrale, retournera une information – les caractéristiques architecturales et réflexives du lien – qui sera différente de l'espace du même son projeté dans un studio. La réverbération du site amène l'instrumentiste à s'adapter à son acoustique pour que l'information qu'il envoie soit bien comprise par tous les autres éléments du système.

Les variations de l'état du système, conséquence de son ouverture à l'environnement ou aux variations locales des constituants, provoquent donc une désorganisation dans l'ensemble. Le système doit se réorganiser pour préserver son autonomie, c'est-à-dire pour se maintenir en vie dans l'environnement où il est inséré et le « niveau de variété » du système augmente. « En tant que système, il peut s'enrichir de cette désorganisation[204] », nous dit Trestini, et s'il gagne en expérience de cette nouvelle réorganisation, il pourra l'adapter à d'autres situations futures. Par exemple, un nouveau geste lancé par un musicien provoque un désordre du flux sonore, mais la réaction des autres musiciens en interaction avec ce nouveau geste fait évoluer le système intégrant cette nouvelle information dans le flux sonore.

Fabio Furlanete cite Michel Debrun pour mettre en relation le concept d'auto-organisation avec une improvisation bien réussie :

> « L'auto-organisation a lieu quand, à partir de la rencontre d'éléments effectivement (et non analytiquement) distincts, se développe une interaction sans un superviseur (ou sans un superviseur omnipotent) – l'interaction qui conduit éventuellement à la création d'une "forme" ou la restructuration, par la complexité, d'une forme déjà existante[205]. »

Il s'agit d'une caractéristique très importante dans l'improvisation musicale libre[206], car

---

[204] Marc TRESTINI, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, *op. cit.*, p. 124.

[205] Fábio Parra FURLANETE, *Modelagem de interações musicais com dispositivos informáticos*, thèse de doctorat, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2010, p. 13. « Há auto-organização cada vez que, a partir de um encontro entre elementos realmente (e não analiticamente) distintos, desenvolve-se uma interação sem supervisor (ou sem supervisor onipotente) - interação essa que leva eventualmente à constituição de uma 'forma' ou à reestruturação, por complexificação, de uma forma já existente » (notre traduction).

[206] Je précise ici qu'il s'agit d'improvisation libre car dans le continuum de l'improvisation nous pouvons trouver des agentes, des règles, etc. qui peuvent agir comme le superviseur que les musiciens suivent dans le développement de son processus.

elle n'est pas linéaire. En effet, ce sera dans l'envie des musiciens d'entreprendre cette finalité commune d'un processus créatif cohérent que cette auto-organisation pourra avoir lieu. Elle génère aussi la singularité de chaque improvisation et d'un ensemble d'improvisateurs qui dans leur interaction avec l'état sonore instantané du système peuvent s'auto-organiser dans un nouveau et unique processus.

Pour cela, Furlanete indique que les conditions initiales du système sont extrêmement importantes, car elles définissent le chemin pris par cette auto-organisation, de même que la coupure avec le passé et le contexte. Le début d'une situation de performance d'improvisation donne au système un nouveau cadre et la façon dont la performance commence va diriger le flux sonore vers une certaine convergence organisationnelle des agents. Une caractéristique intéressante de l'auto-organisation est que le système peut avoir des résultats très différents à partir de variations infimes des conditions initiales.

Les systèmes peuvent avoir des attracteurs[207] qui conduisent leur auto-organisation et, dans ce cas, il y aura une tendance à rester autour de ceux-ci. Par exemple, un musicien qui revient constamment au même geste musical pourra amener le système à des états similaires. Boulez dans sa critique de l'improvisation souligne ce fait : « les improvisations, et surtout les improvisations de groupe où il y a résonance entre les individus, ont toujours les mêmes courbes d'invention : excitation – repos – excitation – repos[208]. » Les systèmes complexes doivent garantir leur survie et leur conservation. Par conséquent, ils peuvent rester dans des états stationnaires avec la tendance à se fermer sur eux-mêmes et à avoir une résistance au changement. Durand précise que « ces systèmes ne se maintiennent qu'à travers l'action, le changement ; leur identité, leur *invariant*, ne provient pas de la fixité de leurs composants, mais de la stabilité de leur forme et de leur organisation à travers les flux qui les traversent[209]. »

Le bruit (l'aléatoire) a un rôle important dans ces systèmes pour bouleverser ces attracteurs. L'entrée ou le changement de certains constituants du système, les

---

[207] Les attracteurs sont un ensemble d'états vers lequel un système a tendance à évoluer. Ces attracteurs peut être un point stable d'équilibre, une courbe fermée (un cycle limite), ou un attracteur étrange. Ceux-ci « sont des points immatériels qui eux aussi organisent et structurent la trajectoire qui represente le mouvement apparemment anarchique des systèmes dynamiques chaotiques. » *in* Daniel DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, p. 79. et Phivos-Angelos KOLLIAS, *Vers une pensée musicale orientée-système : l'œuvre musicale auto-organisante*, *op. cit.*, p. 62.

[208] Pierre BOULEZ, *Par volonté et par hasard*, Paris, Seuil, 1975, p. 150.

[209] Daniel DURAND, *La systémique*, *op. cit.*, p. 20.

conditions initiales du système, ou l'aléatoire introduit au système peuvent changer cette situation. Dans l'improvisation, les instrumentistes reconnaîtront les expériences sonores qui ont été réalisées précédemment et des interactions peuvent devenir récurrentes et stables. Pour contrarier cela, l'ajout d'un nouvel instrument ou élément à l'ensemble, ou dans le cas d'une performance, un son imprévu de l'environnement, peut changer cette résilience à la convergence habituelle. Par exemple, la direction d'un processus d'improvisation, qui a une difficulté à être exploré, pourra changer par l'introduction d'un geste totalement différent pour ouvrir un autre chemin de développement musical. (Cf. exemple multimédia 1.[210])

La conscience de ce problème est bien montrée dans la démarche de Derek Bailey qui crée les *Company Weeks* pour éviter une stagnation dans l'improvisation. Il commente : « Once a particular grouping of musicians playing together sucessfully on a number of occasions the tendency is always, not surprisingly, to turn it into something permanent[211]. » Avec la « sédimentation des rapports musicaux[212] », qui se créée par l'habituation aux états sonores émergents des interactions, le son du groupe devient alors prévisible. Ce qui allait contre ce que Bailey cherchait dans l'improvisation : un retour aux origines de ce mot *improvisus* qui signifie faire face à l'imprévu. Dans les *Company Weeks*, il avait la possibilité de rencontrer à chaque fois des improvisateurs différents. Cela pouvait permettre d'avoir de nouveaux échanges et des actions/réactions inattendues, ce qui – pour le guitariste-improvisateur – arrive moins dans le cas des groupes qui répètent et jouent fréquemment.

2.2.6 Propriétés émergentes

Les systèmes complexes sont caractérisés par les propriétés émergentes qui résultent de l'interaction de ses constituants. La complexité d'un système vient précisément du caractère imprévisible de ces propriétés. Le fonctionnement du système ne peut pas être prédit ou calculé par le fonctionnement individuel des constituants, mais c'est dans le

---

[210] Visible en ligne sur la page : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/exemple-de-geste-qui-change-la-direction-de-limprovisation/s-hL7Mh

[211] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 133.

[212] Matthieu SALADIN, « Les Company Weeks de Derek Bailey. Note sur un dispositif scénique pour la pratique de l'improvisation », *Tracés. Revue de sciences humaines*, mai 2010, nº 18, pp. 153-162.

comportement collectif qu'il présente que naissent les propriétés émergentes du système.

Pour expliquer ces propriétés émergentes, nous allons nous appuyer sur les sciences cognitives et sur les textes de Varela à propos des réseaux neuronaux et les modèles connexionnistes qui présentent les qualités émergentes des réseaux. Le connexionnisme considère la cognition comme « une armée de constituants simples et non intelligents qui expriment des propriétés *globales* intéressantes lorsqu'ils sont reliés[213]. » Bien que Francisco Varela donne cette définition pour les réseaux de neurones, il note que « ces propriétés émergentes ont été découvertes dans tous les domaines[214]. » Varela prend l'exemple des systèmes complexes des neurones pour montrer comment ils s'auto-organisent à travers la coopération entre les agents de manière à maintenir une cohérence du système et révéler ses propriétés émergentes :

> « […] grâce à la nature configurationnelle du système, une coopération globale en émerge spontanément lorsque les états de chaque "neurone" en cause atteignent un stade satisfaisant. […] Ce transfert de règles locales à la cohérence globale est le cœur de ce qu'il était convenu d'appeler l'auto-organisation pendant les années de la cybernétique. Aujourd'hui, on préfère parler de propriétés émergentes ou globales, de réseaux dynamiques, ou non linéaires, de système complexe, ou encore même synergétique[215]. »

Nous verrons ensuite comment ceci est applicable au contexte de l'improvisation musicale, mais d'abord il est important de comprendre comment ces propriétés émergentes se composent. Varela montre que « chaque constituant fonctionne seulement dans son environnement local de sorte qu'il n'y a pas d'agent extérieur qui, pour ainsi dire, fasse tourner le système[216]. » Pour revenir à la musique, cela veut dire que chaque musicien interagit avec le système en jouant de son instrument, crée (ou transforme) les sons en réponse à l'état du système[217]. Les musiciens s'adaptent progressivement à cette logique sonore en faisant le même processus. De cette « nature

---

[213] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, Pierre LAVOIE (trad.), Paris, Seuil, 1996, p. 57.

[214] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 136.

[215] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 61.

[216] *Ibid.*

[217] Toutes les actions sont ici importantes, les constituants réagissant à toutes les actions des autres éléments. Par exemple, le silence et l'absence d'émission sonore de l'instrumentiste sont aussi des interactions que les instrumentistes peuvent choisir de réaliser. Nous pouvons le démontrer avec un exemple avec un exercice que nous avons réalisé avec l'ensemble *Grand8* : chaque musicien devait se poser devant le reste de l'ensemble et construire un solo de manière à amener le reste de l'ensemble dans une certaine direction. Lorsque ce fut le tour du saxophoniste Laurent Charles, celui-ci s'est mis en place et, sans émettre un seul son, seulement avec l'intention de son geste instrumental, il a réussi à construire un chemin sonore pour l'ensemble.

configurationnelle du système, une coopération globale en émerge spontanément[218] ». L'actuation locale de chaque musicien, dans cette coopération sonore globale, amène le système à la création de ces propriétés émergentes.

Rogério Costa, saxophoniste et musicologue, donne un exemple de sa pratique d'improvisateur avec le groupe *Akronon* qui illustre cette évolution coopérative entre les constituants :

> « Sur un plan plus général, cette analyse révèle une tendance de performances dans lesquelles les objets complexes (gestalts, textures) s'établissent progressivement en strates plus ou moins indépendantes. Ces strates peuvent se déplacer à des vitesses différentes de manière que, souvent, il y a des interpolations : des objets sont créés en même temps que d'autres se dispersent. Tout est connecté, étape par étape. Dans la mesure où il n'y a pas un territoire spécifique (langue) qui unifie la performance, les objets sonores donnent la consistance musicale à cette pratique qui, autrement, pourrait se plonger dans une sorte de chaos cosmique indifférenciée[219]. »

Nous pouvons alors nous questionner : quelles sont ses propriétés émergentes et comment est-ce que cela se produit ? Si nous partons de la définition donnée au début de cette partie, la finalité du système complexe de l'improvisation musicale est de construire collectivement un processus de création musicale, à partir des interactions entre les constituants. De ces interactions, un flux sonore se crée et, à chaque instant, un son caractéristique de l'ensemble émerge. Des propositions sonores sont envoyées au système et les musiciens s'accordent à ces propositions avec de nouvelles informations sonores qui, à leur tour, rétro-alimentent le système. Le son produit par chaque musicien alimente le flux sonore global et, en même temps, dépend directement de celui-ci où chaque musicien individuellement à son échelle locale doit assimiler ce flux pour réussir à le réalimenter avec de nouvelles informations. Ce tout est en interaction avec l'environnement qui peut changer ce flux sonore. Nous pouvons voir que l'évolution du flux sonore émergeant du système ne peut pas être obtenue par un seul élément, mais que c'est dans l'interaction avec les autres constituants que se développe et se crée ce flux. Les variations locales ont pour objectif de faire converger le flux sonore, à chaque instant, dans un nouvel état cohérent du système[220].

---

[218] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 61.

[219] Rogério Luiz Moraes COSTA, « Livre improvisação e ecologia sonora: uma aproximação a partir da estética da sonoridade », *OPUS - Revista Eletrônica da ANPPOM*, juin 2014, vol. 20, nº 1, p. 193.

[220] Pour comprendre ce processus, nous renvoyons le lecteur pour une écoute d'improvisations avec diferentes formations créés aléatoirement lors d'une résidence de l'ensemble *Grand8* en mars 2017 au PIC-Télémaque à

Nous pouvons faire ici un parallèle avec la théorie de l'émergence sonologique[221] d'Agostino di Scipio qui explique ce que je viens d'énoncer :

> « le son nous enracine dans une pensée où rien n'est disjoint de rien, où tout dépend de tout, c'est-à-dire (a) chaque partie de chaque autre partie, (b) le tout des parties, (c) les parties du tout, et où cette triple relation vit dans le temps et dans l'espace, entravée à chacun de[s] deux, tandis que, [en] même temps, elle les produit[222]. »

Di Scipio parle d'une dynamique d'auto-éco-organisation dans l'expérience du son, ce qu'est tout à fait l'expérience de l'improvisation musicale. Le concept d'auto-éco-organisation est utilisé par Edgar Morin pour expliquer comment l'environnement est intégré dans les systèmes en même temps qu'ils conservent leur autonomie. En effet, le système de l'improvisation est dans un monde sonore qui dans l'interaction continue avec lui peut modifier le cours du flux sonore qui s'établit et que le système intègre pour maintenir ses objectifs.

Di Scipio définit l'« émergence du son » comme une « sonorité qui émerge, qui affleure en surface à partir d'éléments de base[223]. » Cette théorie est réalisée, pourtant, à partir de son travail et de réflexions compositionnels basés sur le paradigme du granulaire. Comme l'explique Makis Solomos, « Di Scipio construit l'hypothèse que la macroforme elle-même pourrait découler du granulaire, c'est-à-dire de la microforme, par une logique d'émergence ». Il conclut alors que « la forme est conçue comme "formation du timbre" – "forme" étant ici synonyme de macroforme et "timbre" de microforme[224]. »

Dans notre expérience de l'improvisation musicale, un souci récurrent est la construction cohérente de la macroforme de la performance tout en restant libre et ouvert à l'environnement dans les constructions et interactions locales entre chaque musicien. De même, nous pouvons faire le parallèle entre les interactions locales et la microforme définie par Di Scipio[225]. Cette dynamique d'auto-organisation qui révèle

---

Marseille : https://grand8.bandcamp.com/releases.

[221] Agostino DI SCIPIO, « Emergence du Son, Son d'Emergence », *Intellectica*, janvier 2008, n°48-49, Musique et Cognition, pp. 221-249. Di Scipio montre que tout art caractérisé par une attention profonde à la construction du sonore existe à travers une pluralité de processus morphogénétiques et morphodynamiques nidifiés et entrelacés.

[222] *Ibid.*, p. 2.

[223] Agostino DI SCIPIO, « Emergence du Son, Son d'Emergence », *op. cit.*

[224] Makis SOLOMOS, « Entre musique et écologie sonore : quelques exemples », *op. cit.*, p. 177.

[225] Un exemple de ce parallélisme entre les formes emergentes de la musique de Di Scipio et celles de l'improvisation musicale peut être entendu dans la pièce *Click Piece*, une pièce pédagogique de John Stevens où chaque instrumentiste doit jouer le son de plus petit durée de son instrument. David Toop explique comme la forme émerge :

les propriétés émergentes mentionnées s'avère valide dans la pratique créative que nous décrivons ici. Dans le cas de l'électroacoustique, cela s'amplifie précisément, car cette expérience du son se fait à plusieurs niveaux dans la morphologie sonore et dans les stratégies non linéaires que les musiciens adoptent avec leurs instruments numériques. Nous aborderons ce sujet dans le paragraphe 5.2.4.

2.2.6.1 L'apprentissage des connexions

Il nous semble intéressant de voir comment ces propriétés émergentes ont lieu. Quelles sont les stratégies de développement et d'apprentissage entreprises par les constituants du système (ici plutôt les musiciens) ? Varela nous aide une fois encore avec les sciences cognitives lorsqu'il évoque les « réseaux neuronaux fonctionnant sur la base de […] règles d'apprentissage présentent non seulement des configurations émergentes […], mais aussi la capacité de synthétiser de nouvelles configurations en fonction de leurs interactions ». Deux types d'apprentissages sont proposés : par corrélation et par instruction. Le premier type est la « règle de Hebb » qui édicte que « si deux neurones ont tendance à être activés simultanément, leur connexion est renforcée ; dans le cas contraire, la force de la connexion est diminuée[226] ». De cette énonciation, nous voyons que la connectivité du système devient inséparable de l'évolution du système : les nouveaux états du système sont la conséquence des connexions qui s'établissent entre les constituants. En revenant à la musique, on observe ce modèle d'apprentissage quand le musicien perçoit une information sonore auquel il s'associe en le mimétisant selon ses possibilités instrumentales et sonores. Le geste musical est renforcé et d'autres musiciens peuvent ensuite se connecter à la structure qui se crée renforçant le flux sonore qui émerge. L'ensemble conserve ces connexions dans son historique, dans son expérience de groupe et selon l'appréciation de celui-ci, il restera ancré dans l'évolution de la sonorité du système.

L'apprentissage par instruction ou rétropropagation est réalisé par le biais d'un modèle qui se comporte comme un instructeur actif. L'apprentissage ressemble à l'effort

---

« the piece seemed to develop with a mind of its own and almost as a by-product, the basic lessons of improvisation how to listen and how to respond could be learned through a careful enactment of the instructions » *in* David BORGO, « Sync or Swarm », *op. cit.*, p. 5.

[226] Juan Rodrigo GARCIA REYES, *L'énaction et l'art sonore numérique*, Thèse de doctorat, Paris 8, 2011, p. 62.

d'imiter un instructeur. Ce modèle d'apprentissage est appliqué quand/si on veut diriger le système vers un état spécifique en donnant aux constituants des règles de façon à le conduire à cette finalité.

Selon le dictionnaire Larousse, l'apprentissage est l'« ensemble des processus de mémorisation mis en œuvre par l'animal ou l'homme pour élaborer ou modifier les schèmes comportementaux spécifiques sous l'influence de son environnement et de son expérience[227]. » De cette définition, nous retenons les deux derniers termes, afin de rapprocher l'apprentissage de la notion d'enaction : l'environnement comme le monde extérieur où s'insère l'individu et l'expérience comme le vécu de l'individu. Ces processus d'apprentissage ne sont que les choix que l'individu fait à chaque moment, ou comme le dit Varela, « de poser les questions pertinentes qui surgissent à chaque moment de notre vie. Elles ne sont pas prédéfinies, mais enactées, on les fait émerger sur un arrière-plan, et les critères de pertinence sont dictés par notre sens commun, d'une manière toujours contextuelle[228]. » Pour l'action rapide, le cerveau nécessite d'avoir une dynamique rapide où il met à disposition tous les sous-réseaux disponibles pour l'action motrice, l'interprétation sensorielle et aussi la gamme des attentes cognitives et la tonalité émotionnelle.

Par état de criticité[229], nous considérons la propriété de certains systèmes complexes, dont le cerveau humain qui permet les changements de connexions de millions des neurones en même temps. Il s'agit d'une dynamique rapide du cerveau qui permet de faire émerger les questions et donc les actions pertinentes selon les *stimuli* de chaque instant. Cet état de criticité est bien visible dans les différentes stratégies utilisées par les musiciens lors de l'improvisation. Nous pouvons voir qu'elles se basent sur ces types d'apprentissages des systèmes. Pressing évoque l'importance de cette phase d'apprentissage :

> « The idea of preparation is very important for improvisation, where real-time cognitive processing is often pushed up near its attentional limits. [...] For improvised performance that aims at artistic presentation, where discrepancies between intention and result must be kept within strict bounds, practice must attempt to explore the full

---

[227] Éditions LAROUSSE, *Définitions : apprentissage - Dictionnaire de français Larousse*, http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/apprentissage/4748, consulté le 18 mars 2017.

[228] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 91.

[229] Christian TORRES-SOSA, Sui HUANG et Maximino ALDANA, « Criticality is an Emergent Property of Genetic Networks that Exhibit Evolvability », *PLOS Computational Biology*, 6 septembre 2012, vol. 8, nº 9.

> range of possible motor actions and musical effects, to enable both finer control and the internal modelling of discrepances and correction procedures, including feedforward[230]. »

Les intervenants humains qui créent ce système complexe sont insérés dans un milieu auquel ils doivent répondre à chaque instant, les musiciens sont dans ce point critique constant pour créer et transformer les processus qui génèrent les flux sonores. Ces processus ne sont pas dégagés d'un historique de l'individu, de l'ensemble, du lieu : ils sont produits par des individus où la temporalité de la vie, l'expérience sont importantes pour répondre aux *stimuli* reçus à chaque instant. Le musicien, dans la performance, « s'adjoint à un monde de signification préexistant », pour faire évoluer le système vers de nouveaux états.

L'importance de l'expérience dans l'improvisation musicale est consensuelle entre les théoriciens et praticiens. Par exemple Yehudi Menuhin, important violoniste du XX^{e} siècle, disait : « Improvisation is not the expression of accident, but rather of the accumulated yearnings, dreams, and wisdom of our very soul […] in improvising you share your personality in ways that the composed genre don't permit[231]. »

L'enaction apporte un autre concept : celui que l'intelligence « ne se définit plus comme la faculté de résoudre un problème, mais comme celle de pénétrer un monde partagé[232] », l'évolution du monde préexistant a un rôle fondamental dans la définition des processus cognitifs et dans les actions de l'individu. Van der Schyff décrit précisément cela à propos de l'interprétation de la pièce *Cobra* de John Zorn :

> « This is all to say that Cobra confronts the challenging interactive semiotic process inherent in free improvisation—where the entire musical environment is continuously being enacted and re-enacted through the ongoing exchange and interpretation of sounds, actions, gestures, and signs (including highly idiosyncratic musical symbols or 'vocabulary'[233]. »

L'improvisation musicale sous la perspective de l'enaction sera exposée en détail dans le Chapitre 3.

---

[230] Jeff PRESSING, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 7.

[231] Bruno NETTL, « Preface », *op. cit.*, p. xii.

[232] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 113.

[233] Dylan VAN DER SCHYFF, « The Free Improvisation Game: Performing John Zorn's Cobra », *Journal of Research in Music Performance*, mai 2013, printemps.

2.3 Les interactions entre les constituants du système

L'importance des interactions dans l'improvisation musicale a été démontrée à travers l'analyse des caractéristiques qui définissent un système complexe. Nous allons à présent étudier de près la manière dont les différents constituants du système effectuent les interactions avec le système (donc avec les autres constituants) et l'environnement. Nous avons vu que les interactions entre les composants du système consistent en l'échange de messages de différents types. Abraham Moles définit un message comme « un groupe fini, ordonné, d'éléments de perception puisés dans un "répertoire" et assemblés en une structure. Les éléments de ce répertoire sont définis par les propriétés du récepteur[234]. » De cette définition, on extrait une information importante relativement à la compréhension du message : les caractéristiques du récepteur du message. Moles explique cette importance : « un système est d'autant plus intelligible que l'être humain peut projeter sur celui-ci, ou distinguer, plus de formes. » (*ibid.* p. 55). Or, ces projections des formes dépendent de plusieurs facteurs comme la culture, l'expérience, la connaissance de l'auditeur. Nous avons vu que l'improvisation fonctionne quand existe un contexte commun entre les intervenants (voir paragraphe 1.4.3.2).

Nous relevons deux cas dans la perception des messages : la capacité de comprendre un message incomplet et l'incapacité de comprendre un message avec trop d'information. Varela a démontré avec le connexionnisme[235] (et aussi par les théories des formes ou *gestalt*) que l'individu n'a besoin que d'un pourcentage de l'information pour comprendre le message, car il arrive à reconstituer le message avec son historique d'interactions. Nonobstant, l'être humain possède une limite de compréhension dans la quantité d'information reçue. Au-dessus de cette limite, l'information apparaît au récepteur comme un ensemble chaotique sur lequel il n'arrive pas à projeter des formes, c'est qu'on qualifie de « bruit ». Baranski cite Umberto Eco pour expliquer comment nous percevons cette quantité d'information :

> « […] ce bruit blanc qui, en bonne logique, devrait correspondre à un maximum d'information, équivaut en fait à une information nulle. Notre oreille, privée de toute

[234] Abraham André MOLES, *Théorie de l'information et perception esthétique*, *op. cit.*, p. 26.

[235] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 70-76.

> indication, n'est même plus capable de faire un choix. Elle assiste passive et impuissante au spectacle du magma originel. Il y a donc un seuil au-delà duquel la richesse d'information se change en "bruit"[236]. »

Avec ces concepts en tête, nous allons regarder les constituants du système pour voir comment se réalisent les interactions et comment se fait l'entendement des messages.

2.3.1 Les instrumentistes

Même si l'inclusion des instrumentistes nous semble triviale, dans ce cadre, on ne peut pas négliger les systèmes d'improvisation où les humains ne sont pas indispensables. Les machines sont programmées pour interagir entre elles à travers l'échange d'information ou pour récupérer l'information de leur entourage afin de nourrir leur dispositif d'improvisation[237]. C'est cela que les groupes de musique en réseau - tel que *The League of Automatic Music Composers* (1978-1983) et *The Hub* (1986-1997) - ont voulu explorer en construisant des dispositifs complexes. D'après les analyses de Sandrine Baranski[238], les membres de ces groupes ont rapidement compris qu'il était important d'interagir directement avec le flux sonore et ainsi d'inclure l'action humaine dans la performance. De même, d'autres systèmes où la machine est dotée des outils pour improviser avec un musicien à partir du matériel généré par celui-ci. Un exemple est le système *OMax* créé par l'Ircam qui, à partir de l'analyse du son du musicien, le transforme et rejoue (voir paragraphe 4.6.3).

Les humains sont les constituants du système qui répondent plus facilement aux sollicitations des autres composants ; c'est l'essence même de l'improvisation collective comme le remarque Bailey : « the really important part of improvisation, certainly as far as I am concerned, happens between people, between the players[239]. » C'est surtout l'interaction entre les instrumentistes qui amènent le système à de

---

[236] Umberto ECO, *L'œuvre ouverte*, *op. cit.* Cité par Sandrine BARANSKI, « L'utilisation de l'émergence dans la création musicale contemporaine comme phénomène psychoacoustique complexe », p. 2.

[237] Selon le dictionnaire, un dispositif est un « ensemble d'éléments ordonnés en vue d'une certaine fin » (Voy. La Pérouse, t. 4, p. 90 : le dispositif de la défense), « Dispositif : étymologie de « dispositif » », Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, http://www.cnrtl.fr/etymologie/dispositif, consulté le 10 mars 2017. Baranski définie le dispositif expérimental comme un moyen mis en œuvre par le créateur pour occasionner un événement musical dont l'issue est inconnue.

[238] Sandrine BARANSKI, *Manières de créer des sons : l'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe)*, http://demeter.revue.univ-lille3.fr/lodel9/index.php?id=260, consulté le 5 mars 2017.

[239] Jean MARTIN, « Derek Bailey interview Aug 96 », *op. cit.*

nouveaux états sonores, même si l'environnement peut avoir un rôle important avec le « bruit » qu'il envoie au système. Comme nous avons vu, les instrumentistes sont des sous-systèmes complexes à l'intérieur du système de l'improvisation musicale. Cela veut dire que le processus d'interaction est l'échange d'information entre ces différents systèmes vivants.

Si nous avons exposé les caractéristiques des systèmes auparavant, il sera utile ici de mentionner aussi des caractéristiques de la relation qui peut s'établir entre les systèmes. Pour comprendre comment les instrumentistes peuvent interagir, une caractéristique que nous pouvons relever est la coordination. Ezequiel Di Paolo et Hanne De Jaegher le définissent comme :

> « the non-accidental correlation between the behaviours of two or more systems that are in sustained coupling, or have been coupled in the past, or have been coupled to another, common, system. A correlation is a coherence in the behaviour of two or more systems over and above what is expected, given what those systems are capable of doing[240]. »

La coordination entre éléments peut être faite par différents moyens tels que la synchronisation, l'imitation, l'anticipation, etc. Les auteurs donnent l'exemple de la synchronisation des *tic-tac* des horloges accrochées sur un même mur, qui se réalise automatiquement. La coordination peut se produire à des échelles temporelles multiples et peut se modifier à travers le temps. Elle peut donc être absolue ou relative :

> « In absolute coordination, transitions in the coupling of the systems take place from one stable, perfectly locking state to another, or to non-coordination. Relative coordination, in contrast, has a much wider range of possibilities, as there are no such transitions from one strictly coherent state to another[241]. »

Dans le premier cas, nous pouvons donner l'exemple de l'exécution d'une pièce musicale (totalement) écrite où les musiciens doivent toujours être au maximum de la synchronisation pour respecter les consignes du compositeur. Dans le cas de l'improvisation la coordination est plutôt relative ; les musiciens réalisent ces types d'opérations à plusieurs échelles, dans différents couplages entre les éléments ou avec le flux sonore émergeant des interactions. Ces deux exemples de coordination relative que nous mentionnons sont décrits par David Borgo dans son analyse des essaims

---

[240] Hanne DE JAEGHER et Ezequiel DI PAOLO, « Participatory Sense-Making: an Enactive Approach to Social Cognition », *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1 décembre 2007, vol. 6, pp. 485-507, p. 491.

[241] *Ibid.*, p. 492.

d'insectes. L'auteur se base sur les interactions des insectes pour décrire deux types d'interactions entre les éléments : directe et indirecte. Le premier cas se réalise quand la communication est réalisée directement entre deux constituants ; dans le deuxième cas, Borgo utilise le concept de stimergie pour décrire cette interaction indirecte. Selon l'auteur, un constituant réalise une action qui modifie le système ; un autre constituant répond au nouvel état du système avec une nouvelle action en lieu de répondre directement aux actions du premier constituant.

> « Improvisation is about [...] interaction and behavior as carriers for meaning. On this view, notes, timbres, melodies, durations, and the like are not ends in themselves. Embedded in them is a more complex, indirect, powerful signal that we must train ourselves to detect[242]. »

Lewis montre de son coté que l'interaction porte une signification plus grande que la simple information musicale. Dans cet échange d'information, les musiciens effectuent des opérations de coopération entre eux pour atteindre les mêmes objectifs. Les musiciens doivent comprendre les intentions des collègues dans leurs interactions locales et dans le but global de la performance. Cette cooperation signifique que « each of the subjects is taking account of the other's interests and objectives in some relation to the extrapersonal context, and is acting to complement the other's response[243]. »

Dans l'improvisation, les interactions entre les musiciens se réalisent au moyen de différents éléments : par le signal musical envoyé à travers les gestes corporels et instrumentaux ; par le son généré par l'instrumentiste (qui n'est pas toujours un résultat évident du geste instrumental) ; ou même par messages codés (par exemple avec une partition graphique en temps réel). Le traitement efficace de tous ces messages reçus permet aux musiciens de s'engager dans déroulement des idées musicales. Cette interaction est donc porteuse d'informations musicales nécessaires pour la création des connexions dans le système. Clément Cannone définit le signal musical échangé entre les improvisateurs comme composé par deux éléments : un contenu musical (le geste) et un contenu intentionnel. Ce dernier composant montre que les musiciens sur scène qui improvisent ensemble n'ont pas simplement une posture d'écoute *instrumentaliste*

---

[242] George E. LEWIS, « Voyager: Improvised Duos Between Human and Computer Musicians », *Liner Notes*, 1993, Avant/Disc Union. *in* Roger MILLS, *Tele-Improvisation: a Multimodal Analysis of Intercultural Improvisation in Networked Music Performance*, thèse de doctorat, Sidney, University of Technology, 2014, p. 64.

[243] Valentina FANTASIA, Hanne DE JAEGHER et Alessandra FASULO, « We Can Work it Out », *op. cit.*, p. 6.

« qui consiste à entendre les sons comme les produits d'un geste instrumental, en rapportant les sons entendus au complexe instrument/corps de l'interprète », mais ils ont également une posture d'écoute *intentionnaliste* « qui consiste à entendre les sons comme les produits d'un geste instrumental et d'une pensée génératrice[244]. »

Nous observons ces échanges d'informations dans les interactions directes où ces actions de coordination se réalisent entre deux constituants du système. Dans les cas des interactions indirectes, la définition que nous donne Di Scipio à propos des *Écosystèmes audibles* nous semble plus appropriée que celle de Canonne et elle pourra être généralisée pour les deux cas (interactions directes et indirectes). Ce compositeur propose le concept d'écoute impliquée, que nous pouvons appliquer au système de l'improvisation musicale *ipsis verbis :*

> « ce qu'on écoute dans le son est le devenir-audible des actions [...] par lesquelles un système ou organisme construit et explore son autonomie (toujours relative) par rapport à l'environnement, voire par rapport à l'ensemble des conditions d'existence du système et des possibilités d'action. On peut ajouter que, au niveau de base, ce qu'on entend dans le son est le réseau d'interactions physiques (mais culturellement connotées) duquel surgit l'événement sonore[245]. »

Il s'agit donc du fonctionnement de la rétroaction que nous avons déjà évoqué précédemment : l'information reçue par un individu provoque l'envoi une nouvelle information au système. L'interaction entre les musiciens oblige à être dans un état de concentration maximale pour que les informations soient au plus proche d'un résultat optimal. Cela est bien montré par Van der Schyff à propos du traitement de l'information dans une performance d'improvisation.

> « The first thing that became apparent in performance was the degree to which Cobra pushes the limits of human information processing—i.e. real-time sensory and perceptual coding, optimal attention allocation, event interpretation, decision-making, prediction (of the actions of others), memory storage and recall, error correction and movement control[246]. »

---

[244] Clément CANONNE, « L'appréciation esthétique de l'improvisation », *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico*, 2013, vol. 6, nº 3, pp. 331-356.

[245] Agostino DI SCIPIO *in* Makis SOLOMOS, « L'écoute musicale comme construction du commun », *Circuit : musiques contemporaines*, 2018, vol. 28, nº 3, pp. 53-64.

[246] Dylan VAN DER SCHYFF, « The Free Improvisation Game », *op. cit.*, p. 5.

2.3.2 Les instruments de musique : numériques, acoustiques

Les instruments de musique répondent aux actions des improvisateurs pour transformer l'information du geste instrumental en son et l'envoyer au système à travers les canaux spatiaux. Si dotées d'outils d'interactivité, ces actions peuvent répondre aux *stimuli* envoyés par les autres constituants du système et l'environnement. Grâce aux nouvelles technologies, différents dispositifs peuvent être réalisés : avec des capteurs (comme la luminosité, l'humidité, la chaleur, ou le son avec un microphone) ou avec des données acquises par un réseau[247] (comme l'internet) les instruments peuvent acquérir des données de leur entourage[248] pour les transformer en matériau sonore.

Le compositeur Horacio Vaggione utilise les moyens informatiques comme composants d'un réseau où l'objectif n'est pas d'utiliser l'ordinateur « comme un outil à résoudre problèmes bien explicités[249] » - et donc par l'algoritimie - mais plutôt d'en faire un element avec lequel interagir. Voici ce qu'il considère :

> « the general purpose computer is regarded as one component of complex systems, and where the composer, being another component of these complex systems, is imbedded in a network within which he or she can act, design, and experience concrete tools and (meaningful) musical situations[250]. »

Jean-Claude Risset commente, à propos de cette approche de Vaggione, que « l'informatique permet d'articuler divers niveaux et diverses échelles de temps ». Cette interaction entre les différentes échelles temporelles qui caractérise la musique de Vaggione est bien visible dans l'utilisation des instruments numériques dans la musique mixte, où la temporalité des instruments numériques et celle des instruments acoustiques s'adaptent par les stratégies d'interaction numérique. Nous analyserons ces interactions dans le paragraphe 5.2.4.

Les instruments peuvent assumer un rôle de contrôleurs des autres constituants du système. Munis de capteurs, ils transmettent différents types de messages aux

---

[247] Par exemple, plusieurs artistes ont utilisés le streaming de Locus Sonus pour leurs improvisations (« Locustream », *Locus Sonus*, http://locusonus.org/wiki/index.php?page=Locustream.en, consulté le 15 juin 2017.)

[248] Cf. le système *Omax* créé par l'équipe Représentations Musicales de l'Ircam, capte le son de l'instrumentiste et apprend en temps réel les modes de jeu d'un instrumentiste. Il essaie de jouer avec lui en utilisant son matériau qu'il enregistre et renvoie. Il a la capacité de faire des variations du matériau et peut jouer automatiquement ou être piloté par un instrumentiste.

[249] Jean-Claude RISSET, « Préface », *in* Makis SOLOMOS (dir.), *Espaces composables : essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris, L'Harmattan, pp. 5-18, p. 11, 12.

[250] Horacio VAGGIONE, « Some Ontological Remarks about Music Composition Processes », *op. cit.*, p. 54.

dispositifs numériques comme par exemple le son, qui pourra être décomposé dans tous ces paramètres. D'autres types de messages peuvent être des données comme la position et le mouvement de l'instrument. Toute cette information sera ensuite utilisée par l'instrument numérique pour manipuler les paramètres du système qu'il contrôle. Le son produit devient alors le résultat de cette application. Le geste instrumental est dans ce cas un geste de contrôle du dispositif plutôt qu'un geste de production de son. C'est un cas très commun dans la musique mixte où un paramètre de l'instrument acoustique gère une partie du dispositif électronique. Ces caractéristiques montrent que le couple instrument-instrumentiste peut être considéré comme un sous-système complexe. Dans le paragraphe 4.5.2 nous exposerons en plus détail cette relation.

Revenons sur la compréhension du message par le système, car elle doit être bien réalisée : les distorsions du signal provoquent des résultats inattendus. Par exemple, si l'amplitude du signal d'un instrument est utilisée pour contrôler la position de la spatialisation, le signal trop fort placera et figera le son dans l'extrémité de l'espace externe. Ainsi, contrairement aux pièces écrites, où ces réglages sont faits avant la performance et figées, dans l'improvisation, ceci doit être réalisé en direct par l'instrumentiste et le dispositif doit être préparé pour cette éventualité. Dans l'exemple donné, l'instrumentiste devra avoir accès au potentiomètre du gain d'entrée pour régler cela en direct.

Les nouvelles technologies permettent de déplacer le contrôle du flux sonore émergeant du système des instrumentistes professionnels vers l'audience par différents moyens d'interaction : par exemple des contrôleurs *Bluetooth* distribués au public pour qu'il puisse intervenir sur les instruments numériques ; ou bien des systèmes interactifs où le flux sonore peut être géré ou transmis par les *smartphones* des auditeurs[251]. Si l'interaction entre les musiciens peut être considérée comme la plus importante pour la constitution du système, nous ne pouvons pas négliger la force de la relation de

[251] Par exemple, la pièce *The Tomb of the Grammarian Lysias* de Ben Houge : « The soloist sings without amplification, and the accompaniment of the piece consists entirely of fragments of his (i.e., my) voice deployed algorithmically from the mobile devices of the audience. As the voice of the soloist (singing in Greek) is recorded and transmitted to the phones and tablets of audience members, a heterophonous, chant-like texture emerges. In works like this, I explore crowd-deployed speaker networks as a highly flexible and portable alternative to traditional electro-acoustic sound reinforcement infrastructure. This underexplored configuration[…], allows engaged audience members to enable the performance of a piece in a way that is somewhere between active participant and passive listener, and an unexpected intimacy results as the sound of a performer's sung voice emerges from a listener's very personal device. » Ben HOUGE, « The Tomb of the Grammarian Lysias – Aesthetic Cartography », http://www.benhouge.com/writings/?p=901, consulté le 22 août 2018.

l'instrumentiste avec son instrument. En effet, l'interaction entre les musiciens se fait primordialement par biais de l'interaction entre les musiciens et leur instrument. Cobussen illustre cela en termes de « resonance » :

> « In order to come to an interesting improvisation there has to be, first of all, a "resonance" between the body of the musician and the body of the instrument. The musician needs the instrument to sound the music and, conversely, the instrument cannot sound without the body of the musician. Due to this close connection, musicians often appear to be one with their instruments[252]. »

Le concept d'*affordance* introduit par James Gibson[253] peut nous aider à comprendre la relation entre le musicien et son instrument. Selon Gibson l'*affordance* est ce que l'environnement « offre à l'animal, ce qu'il fournit, tant pour le bien comme pour le mal[254] » qu'« en termes précis, consiste en les occasions d'interaction que fournissent les choses de l'environnement par rapport aux capacités sensori-motrices de l'animal[255] ». Donald Norman réduit le champ pour les *affordances* définies comme « les propriétés que l'agent perçoit comme des actions possibles sur un objet[256] ». En introduisant la perception de l'agent, les *affordances* sont confrontées avec les expériences passées et donc avec l'historique social et culturel de l'agent. Ainsi, un piano se prête différemment à être joué selon s'il s'agit d'un improvisateur experimenté ou un improvisateur néophyte.

Le « geste expert » est le résultat d'un énorme nombre d'heures d'interaction entre l'instrument musical et le musicien, et ce geste évolue dans l'exploration des *affordances* de l'instrument. Avec la pratique, il est possible de dépasser les contraintes techniques que l'instrument peut imposer ou proposer. Le musicien essaie d'intégrer l'instrument dans son corps en l'adaptant aux besoins de l'instrument pour pouvoir explorer toutes ses possibilités expressives. Par l'entraînement, le corps du musicien subit des transformations dans son développement musculaire (e.g. dans les percussions), respiratoire (pensons aux instruments à vent), etc., et cela peut aller jusqu'à le détériorer (par exemple avec des tendinites). À ce propos, Evan Parker ajoute

---

[252] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 121.

[253] James J. GIBSON, *The Ecological Approach to Visual Perception*, New York, Psychology Press, 2011.

[254] « offers the animal, what it provides or furnishes, either for good or ill », *in Ibid.*, p. 127.

[255] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 335.

[256] « the properties that the agent perceives as possible actions upon an object. », Donald Norman cité par Thor MAGNUSSON, « *Affordances* and Constraints in Screen-based Musical Instruments », *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-computer Interaction: Changing Roles*, 2006, NordiCHI '06, pp. 441–444, p. 3.

un autre type d'interaction entre le musicien et l'instrument, là oú un instrument ne répond pas au contrôle du musicien ou bien il donne un resultat inattendu :

> « You couple yourself to that instrument and it teaches you as much as you tell it what to do. So you're sensitive to […] how it's responding to your efforts to control it. By hearing it, the way it's feeding back to you, you learn to control it better. So it's a very dynamic and very sensitive process [...] And the instrument at the same time seems to be giving you additional information. So there are things that you have under your control, but every so often something will go wrong. You'll lose control. In that moment you are given an opportunity to learn something else that the instrument can do [...] The saxophone has a destiny, has a will, and it has a set of intentions in its relationship with you, and you start to find it difficult to distinguish yourself and your intentions form the instrument's intensions or let's say I've found it difficult to do that[257]. »

Il est parfois difficile de comprendre immédiatement le résultat d'une opération et sa conséquence sonore en temps réel. La dimension du hasard dans la réponse d'un instrument peut être particulièrement intéressante lorsqu'un musicien veut l'explorer dans l'interaction avec les instruments numériques. L'instrument peut nous donner des pistes pour des nouvelles techniques de jeu et même de développement postérieur à partir du résultat de cette interaction. Nous pouvons illustrer cela avec une situation que nous avons vécu, où l'on a appris une fonctionnalité à partir d'un accident dans l'utilisation de notre module de réverbération (voir paragraphe 7.5.3).

Dans notre instrument numerique utilisé dans les performances, le son transformé est stocké dans une mémoire tampon qui reste figée si on éteint le module. Or, au moment de le rallumer, le son qui était figé dans la mémoire peut être envoyé avec la même intensité qu'il avait avant d'être éteint. Si le son était fort, par exemple, le résultat est un geste attaque-résonance. C'est justement ce dont nous nous sommes aperçus une fois sur scène, quand nous avons allumé le module et un son a été produit de manière très forte et inattendue. À partir de cet evenement imprevu, où *something went wrong*, - comme dirait Parker - nous avons pu intégrer ce « disfonctionnement » dans notre manière de jouer l'instrument.

---

[257] Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 122.

2.3.3 Le système de diffusion sonore

Le dispositif de diffusion électroacoustique est le canal de communication entre les musiciens et le public. Il est déterminé par sa disposition, le nombre et les qualités sonores des haut-parleurs dans l'espace de performance, dans un sens large. Dans les musiques improvisées, ce dispositif constitue aussi un élément d'expérimentation et il est par conséquent adapté à la finalité du système. Plusieurs configurations peuvent être conçues de façon à provoquer des expériences différentes. Comme moyen de transport de l'information entre les constituants du système, la bonne réception de l'information dépend de sa qualité.

À titre d'exemple, avec le groupe *Unmapped*, nous avons réalisé un concert où le système de diffusion était composé d'amplificateurs de guitare et de chaines hi-fi. Le déploiement sonore de nos instruments ne pouvait pas être reproduit fidèlement, car l'information envoyée au système de diffusion se détériorait. Cela a totalement changé notre sonorité habituelle, ce qui nous a obligé sur le moment à nous adapter aux qualités sonores de ce système. (Voir exemple multimédia 2.[258])

Le dispositif sonore permet de placer les différents éléments du système dans la performance. L'auditoire peut être placé devant le son avec un système stéréo, comme dans une scène classique de musique instrumentale, ou il peut être immergé dans le son avec un système qui l'entoure, par exemple avec un système sonore en quadriphonie (ou avec beaucoup plus de haut-parleurs). Le retour – les moniteurs pour les musiciens – est aussi un aspect important à considérer comme composant du système. En effet, dans un système de diffusion avec plusieurs points, le placement des moniteurs de retour sonore peut être nécessaire pour que l'instrumentiste perçoive le son de ses collègues. Naturellement, si l'instrumentiste ne reçoit pas l'information que lui a été envoyée, il ne peut pas répondre avec une information pertinente.

[258] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/x8aO2vloIi0

2.3.4 L'espace de la performance et le milieu sonore

Vaggione parle de l'espace externe d'une œuvre acousmatique comme de l'espace réel de diffusion sonore[259]. C'est l'endroit où la performance aura lieu et où le son sera projeté, c'est-à-dire l'espace rendant possibles les interactions entre les différents éléments du système. Cet espace délimite et protège la performance du désordre de l'environnement extérieur. Isabel Pires qualifie le rôle de l'espace dans la projection sonore :

> « Toute musique, en tant que son (soit-elle instrumentale ou électroacoustique, ancienne ou actuelle) est dépliée dans l'espace-temps, est mise en scène, projetée dans un espace d'écoute. Mais cet espace externe à l'œuvre n'est pas neutre, ses caractéristiques auront une influence certaine dans la perception de l'œuvre. Aussi bien que l'environnement – duquel nous parlons ici, les systèmes de projection, s'ils existent, ont également un rôle à jouer dans l'espace externe de l'œuvre musicale[260]. »

Comme l'indique Pires, cet espace est d'extrême importance pour le développement de l'acte créatif et il a un rôle actif. Les conditions acoustiques de l'endroit changent la façon de jouer de l'instrumentiste et sa perception de l'information musicale. L'acoustique du lieu affecte directement les canaux de communication entre les intervenants et avec le public. La position des instrumentistes sur une scène, la position du public, l'espace disponible pour chacun de ces composants, l'isolement acoustique peuvent changer la perception du message. Alain Savouret suggère que c'est le *contexte*[261] que le musicien doit « impérativement, immédiatement, en détecter le caractère, au-delà de ses caractéristiques acoustiques triviales, et "en/s'en jouer" » (*ibid.* p.13). Il est habituel que la première répétition d'un ensemble dans un nouvel espace soit dédiée à comprendre les interactions avec celui-ci. Avec *Grand8,* lors des répétitions, ce moment que nous appelons « Bonjour[262] » consiste à improviser

---

[259] Horacio VAGGIONE, « Jeux d'espaces : conjonctions et disjonction », *Lien : Revue d'Esthétique Musicale. L'espace du son II*, 1991, pp. 119-122.

[260] Isabel PIRES et Rui Pereira JORGE, « Le son intra et extra-musical : l'importance de l'espace dans 4'33'' de John Cage et Synaphaï de Iannis Xenakis », *Revue Filigrane. Musique, esthétiques, sciences, société*, janvier 2015, Musique et écologies du son. Propositions pratiques pour une écoute du monde, n° 18.

[261] « En improvisation libre, le "contexte" se subsitue donc au "texte", il n'y a pas d'autre solution, et l'improvisteur apprend à "lire et interpréter du contexte" dans le renouvellement des expériences dans les temps, lieux et socialités divers. Plus loin encore, le musicien est partie intégrante du contexte et en improvisation libre (comme en interprétation d'une partition par ailleurs) le musicien nest pas seulement l'interprète du "contexte" (ou de la partition), mais aussi l'interprète de "lui-même", de son état, de ses desirs, de ses affects du jour. » *in* Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible*, *op. cit.*, p. 79, 80.

[262] L'annexe 1 montre en détail une improvisation « Bonjour ». Les actions des musiciens montrent bien la recherche autour de l'espace et des éléments y présents qui deviennent des constituants du système.

librement pour comprendre le système : les musiciens jouent en se déplaçant dans l'espace pour écouter les réponses des différents constituants (l'espace et ses caractéristiques, la sonorité de chacun instrumentiste, etc.). Dans la Figure 3, nous pouvons remarquer deux musiciens (les saxophonistes, qui peuvent facilement se déplacer) explorer différents endroits de l'espace de performance.

Figure 3 – Exploration de l'espace du Module du GMEM par les musiciens de *Grand8* en mars 2019[263]

Notons pourtant que dans notre approche, ce lieu où se déploient les différentes interactions du système et qui interagit avec elles n'est pas l'environnement, car celui est extérieur au système. Nous nous rendons compte que cet espace pourra se confondre avec l'environnement, car l'espace de la performance des musiques expérimentales ne se résume toujours pas à la salle de concert. Effectivement, les improvisations musicales peuvent avoir lieu dans des emplacements très variés. Cet espace pourra comporter la frontière de complexité réduite que nous avons déjà évoquée dans les cas de la salle de concert ou d'autres espaces fermés qui confinent à cet espace d'interactions. Par exemple, lors d'un projet de Wilfried Wendling[264], nous avons improvisé dans l'espace public en marchant entre les personnes qui, selon leur intérêt

[263] Toutes les photos reportées dans ce texte sont réalisées par nous-mêmes sauf quand mentionné différemment.

[264] Wilfried WENDLING, « Artaud cité », *Lieux Publics*, https://www.lieuxpublics.com/fr/actes-artistiques/272/artaud-cite, consulté le 13 février 2019.

pour l'événement, pouvaient devenir un public ou rester juste des passants. Sans un espace physique défini, cette frontière est moins évidente à saisir que dans les cas où cet espace se trouve à l'extérieur. Le concept de milieu pourra nous aider à définir ce « dans quelque chose » où se déroule l'improvisation musicale. Makis Solomos développe le concept de milieu sonore à partir des recherches de Jakob von Uexküll et Gilbert Simondon. Uexküll développe la notion de *Umwelt*[265], qui peut être traduite comme milieu, comme l'espace de significations autour d'un organisme :

> « Each living species possesses its own *Umwelt* and gives it meaning, and it in turn imposes its attributes on the species. The *Umwelt* makes up just a small part of the environment, or *Umgebung*, and comprises only the objects that the animal interacts with. These interactions are based upon the perception–action loop and produced by the physiological senses, which inject a sense of *subjectivity*, albeit one that is species-centric[266]. »

Notre système contient donc son milieu sonore où les significations sont acquises par les interactions réalisées avec les constituants. Le résultat est ce flux sonore qui émerge. Nous pouvons ainsi conclure que le milieu du système est généré par ce son émergent :

> « If we take the *listener* as our subject, then it is understood that, through the act of listening, he interacts with a sound milieu, resulting in what we call sound. Sound is therefore not an object, neither the vibrating object nor the space in which the vibrations take place; sound is rather the product of the interaction between the listener and the milieu. Listening is no longer about contemplating the objects before us, but about being immersed in a milieu[267]. »

Solomos nous dit que la « co-création, par les opérations de l'écoute, de l'auditeur et du son (ou de l'œuvre musicale) a lieu grâce au milieu sonore[268] » et l'écoute génère le milieu sonore, car il isole les sons de la performance de tous les autres sons de l'environnement :

> « Le milieu sonore peut être pensé comme *réseau de relations* qui fait émerger l'auditeur et l'œuvre musicale ou le son ; mais un réseau de relations non

---

[265] Cobussen utilise aussi la notion de *Umwelt* pour faire la relation entre le système d'improvisation et l'écologie : « Starting from the idea that improvising happens in an interaction between a human being and the environment, one could assume a connection between improvisation and ecology. Mind and body of the musician and environment, which can consist of instruments, audience, space, acoustics, and the like, form a milieu in which each one forms, informs, and transforms the other. » *in* Marcel COBUSSEN, *The Field of Musical Improvisation*, *op. cit.*, p. 62.

[266] Makis SOLOMOS, « From Sound to Sound Space, Sound Environment, Soundscape, Sound Milieu or Ambiance », *Paragraph : A Journal of Modern Critical Theory*, mars 2018, vol. 41, nº 1, pp. 95-109, p. 103.

[267] *Ibid.*, p. 104.

[268] Makis SOLOMOS, « L'écoute musicale comme construction du commun », *op. cit.*, p. 59.

prédéterminées, qui sont elles-mêmes produites par les opérations de l'écoute[269]. »

Dans l'improvisation musicale, l'auditeur dont parle Solomos correspond à deux constituants : les instrumentistes et le public. Être immergé dans le son signifie pour l'instrumentiste avoir une écoute intentionnaliste — une source créative pour les interactions successives. Ici, les opérations de cet élément ne se résument pas à l'écoute, mais aussi à l'action instrumentale pour faire évoluer le système dans ses objectifs. Nous pouvons affirmer que c'est le flux sonore (auto-organisé) résultant qui définit le milieu du système comme une section de l'environnement (chaotique) où les constituants trouvent leur place dans le système et peuvent distinguer celui-ci de l'environnement. À la limite, nous pourrions affirmer que c'est le son dans ce milieu qui définit le système, car ce n'est que le but principal des interactions produites.

Les nouvelles technologies donnent la possibilité d'une délocalisation physique des différentes sources sonores – ici nous nous référons aux instrumentistes – dans un autre espace où il n'existe pas la possibilité d'interaction sonore directe. Par conséquent, l'espace de performance peut être multiple et le système complexe composé par différents milieux. Il inclut aussi le réseau qui permet la transmission sonore d'un espace à l'autre. Plusieurs exemples peuvent être mentionnés, mais choisissons une performance que nous avons réalisée avec l'ensemble *Grand8* en collaboration avec le CFA des Métiers du Spectacle pour la validation de la formation des apprentis régisseurs[270]. Le bâtiment de l'IMMS[271] à Marseille contient différentes salles avec un système commun d'entrées et sorties de différents types de données (audio, vidéo, data) qui peuvent être envoyées dans d'autres espaces du bâtiment. Nous avons réalisé un spectacle en explorant différentes configurations où plusieurs situations de délocalisation ont été réalisées. Considérons l'exemple de télémusique (voir paragraphe 4.6) où les instrumentistes improvisaient dans une salle vide avec la transmission vidéo et audio en direct dans une autre salle. Dans ce dernier, le public

---

[269] *Ibid.*, p. 12.

[270] « Restitution de l'atelier d'écriture scénique des apprentis régisseurs - jeudi 21 juin à 19h30 », *CFA MS | Centre de Formation d'Apprentis des Métiers du Spectacle*, 18 juin 2018, https://www.cfa-spectacle.com/restitution-de-latelier-decriture-scenique-des-apprentis-regisseurs-jeudi-21-juin-a-19h30/, consulté le 13 juillet 2018. https://www.youtube.com/watch?v=D70Cn1cNKaw&t=1593s

[271] « L'Institut Méditerranéen des Métiers du Spectacle à Marseille », *CFA MS | Centre de Formation d'Apprentis des Métiers du Spectacle*, https://www.cfa-spectacle.com/le-lieu/presentation-de-l-imms/, consulté le 13 juillet 2019.

assistait à la projection en *mapping vidéo*[272] sans que celui-ci sache s'il s'agissait d'une improvisation en direct ou d'un enregistrement. L'ensemble *The Hub*[273] est un autre exemple de l'utilisation d'un espace multiple pour l'improvisation. Avec l'utilisation de l'internet comme véhicule de l'interaction sonore, les instrumentistes jouaient dans des endroits différents en temps réel. Le son était transmis en direct dans tous les espaces. Actuellement, divers ensembles réalisent ce type d'expériences.

De nouvelles questions se posent, car les musiciens doivent jouer avec la latence de la transmission et par la possibilité de perte de paquets – et donc du silence, qui à son tour pourra ne pas être le même pour chaque transmission simultanée. Par conséquent, chaque musicien sera dans l'éventualité de jouer en même temps avec des interactions différentes. La conséquence immédiate est que le flux sonore émergeant de chaque endroit sera différent. En effet, il s'agit de différents systèmes complexes qui collaborent pour créer un système dans un niveau au-dessus avec les mêmes finalités. Dans chaque espace, nous pouvons trouver les constituants que nous avons énumérés et aussi le son des autres lieux reçu par le moyen de l'internet.

2.3.5 Le public

L'auditeur de l'improvisation peut avoir un rôle important dans le processus de la performance. D'ailleurs, « l'acte d'improvisation naît de la rencontre d'un improvisateur et d'une audience, et de la mise en commun de codes culturels partagés qui permettront de nommer improvisation l'action collective[274]. » Au contraire de la configuration classique du concert — où l'auditeur reste assis dans une salle avec les lumières à mi-intensité, silencieux, en attendant la fin du concert pour démarrer les applaudissements — dans une situation d'improvisation, cette rencontre avec le public se traduit par une intervention directe dans la performance, mais d'une façon différente des autres constituants du système. La première information que le public envoie à l'ensemble des musiciens est sa présence et son nombre. Sa présence change les

[272] Il s'agit d'une technique de projection de vidéo sur des volumes en faisant des illusions de déconstruction des volumes sur lesquels est projetée la vidéo.

[273] Scot GRESHAM-LANCASTER, « The Aesthetics and History of the Hub: The Effects of Changing Technology on Network Computer Music », *Leonardo Music Journal*, 1998, vol. 8, pp. 39-44.

[274] Denis LABORDE, « Enquête sur l'improvisation », *op. cit.*

conditions acoustiques, la chaleur, l'absorption du son. Solomos souligne cet aspect à propos des écosystèmes de Di Scipio où la présence du public change la musique même[275]. Solomos affirme :

> « Un écosystème consiste, avons-nous dit, en une interaction entre un système (lui-même défini comme interaction d'éléments) et son environnement ; or, l'auditeur fait partie de l'environnement, il modifie l'acoustique du lieu de la performance, il fait partie du bruit environnant, de l'ambiance sonore. Di Scipio est conscient de la radicalité de ce point de vue, selon lequel il n'y a pas de dichotomie entre l'"extérieur" (l'auditeur) et "l'intérieur" (la musique comme objet prédéfini), l'autonomie qui l'intéresse consistant précisément à postuler un système unique, où tout est "intérieur"[276]. »

La position et la disposition du public agissent donc sur les conditions de l'espace. Le public peut changer les aspects de l'environnement qui influencent directement la prestation des improvisateurs.

D'ailleurs, la présence en soi d'un auditoire transmet une autre information. Nous pouvons le voir dans la Figure 4 : dans cette performance réalisée avec *Unmapped*, le public entoure les musiciens, il se trouve à un mètre de distance. Il peut apercevoir le moindre geste du musicien, les détails de l'électronique dans l'écran. Les musiciens savent qu'ils sont observés de près et que tous leurs gestes seront scrutés par le public. Cela génère une pression pour les improvisateurs. Les musiciens jouent différemment devant une assistance ou en son absence, en répétition par exemple. Ils sont contraints à donner un spectacle qui sera jugé. Cesar Villavicencio évoque cela dans sa thèse : « The listener then is capable of participating by either supporting or dismissing actions taken by the musicians, creating a parallel level of appreciation to the perception of sounds[277]. » Les improvisateurs doivent savoir interpréter l'information, que le public envoie pour diriger les processus de développement musical dans un état satisfaisant pour l'ensemble du système.

---

[275] Pour Di Scipio « Les auditeurs constituent un type très particulier d'observateurs ou écouteurs extérieurs », in Agostino DI SCIPIO, « 'Sound is the Interface' », *op. cit.*, p. 274 cité par Makis SOLOMOS, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *op. cit.*, p. 10.

[276] Makis SOLOMOS, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *Proceedings of the JIM, Paris*, 2005, p. 10.

[277] Cesar VILLAVICENCIO, *The Discourse of Free Improvisation*, *op. cit.*, p. 21.

Figure 4 – Le public entourant les musiciens – performance du collectif *Unmapped*

Clément Canonne remarque une particularité des concerts spécialisés dans l'improvisation musicale, qui (d'après notre expérience) s'avère encore plus marquée dans le genre électroacoustique :

> « On peut également faire remarquer qu'une rapide fréquentation des concerts de musiques librement improvisées permet de conclure à une certaine surreprésentation des musiciens improvisateurs dans le public, ce qui en dit sans doute long sur le type d'appréciation que suggère cette musique. Le fait que ces auditeurs-musiciens soient à même d'entrer complètement en empathie avec les improvisateurs les rend sans doute plus capables que les autres de retirer ce plaisir spécifique à l'expérience esthétique de l'improvisation qui résulte de la posture d'écoute "intentionnaliste" qui se met en place dans l'appréciation d'une improvisation et qui fait entrer l'auditeur au cœur d'un processus de création musicale, dans une pensée musicale à l'œuvre[278]. »

Le récepteur par excellence de la performance n'est pas donc un constituant passif du système. Son retour est nécessaire. C'est l'interaction avec le public où la rétroaction joue un rôle important pour le succès de la performance. D'ailleurs, les personnes dans le public peuvent aussi interagir entre elles provocant des interférences dans le système qui agit à son tour sur les instrumentistes.

> « Sur le plan musical : la communication entre musicien et auditeur est d'autant plus riche que les deux se sentent proches culturellement et émotionnellement. Symétriquement, la musique peut être d'autant plus épurée et elliptique, car comprise

[278] Clément CANONNE, « L'appréciation esthétique de l'improvisation », *op. cit.*, p. 351.

par ceux qui ont appris le même langage musical[279]. »

Nous avons pu assister à cela lors des concerts organisés par le GRM au Centquatre à Paris où cette interaction provoquait un bruit de fond constant dans la salle où habituellement règne le silence. Lors de ces concerts, une étude des publics a été réalisée par un groupe de recherche de l'EHESS[280] qui montre l'interaction entre public expert et amateur :

> « D'autres corps d'écoute se forment, des corps non experts, ne disposant pas de tout le bagage théorique et de l'entraînement que les corps "légitimes" déploient. Il peut s'agir de "badauds" curieux, ou de personnes invitées par des amis. Leurs attitudes d'écoute parfois en contradiction avec celles des individus experts, se voyaient réprimandées par ces derniers, par des regards insistants, ou des interjections intenses visant à ramener le calme. Une véritable répression admise s'opérait sur les individus non experts ou non-initiés[281]. »

Comme nous l'avons évoqué, le public nécessite de pouvoir projeter des formes lors de la réception de l'information. Cela veut dire que si l'audience ne partage pas les codes et la culture des improvisateurs l'information reçue aura un dégrée élevé de redondance. Par conséquent, ces messages seront considérés plus proches du bruit et du chaos de l'environnement qui devrait être en interaction avec le système et non pas à l'intérieur du système.

---

[279] Charles-Edouard PLATEL, « Les quatre niveaux de réception d'une œuvre électroacoustique », *eContact!*, 12.4 §37.

[280] Enquêtes ethnographiques sous la direction de Denis Laborde, directeur d'études à l'EHESS et anthropologue (EHESS, Centre Georg Simmel – CNRS).

[281] Camille DROUET, Samuel LAMONTAGNE et Arthur PERINI, *Étude des publics au Centquatre : programmation des musiques électroniques* [Rapport], EHESS, 2015.

Chapitre 3

L'improvisation musicale selon la perspective de la cognition

Dans les chapitres précédents, nous avons présenté les caractéristiques de l'improvisation musicale selon l'analyse de différents chercheurs et improvisateurs. Ensuite, nous avons abordé ce phénomène à partir de la théorie des systèmes complexes qui accorde une grande importance aux interactions entre les constituants et l'environnement pour faire émerger l'improvisation musicale. Dans ce chapitre, nous aborderons l'improvisation du point de vue des recherches actuelles sur la cognition qui incluent la vie quotidienne dans la recherche scientifique. Le but sera de comprendre le fonctionnement de l'improvisation musicale et de ses processus d'évolution, à partir des mécanismes de la cognition et de la créativité en prenant en compte l'expérience des acteurs. Dans notre perspective, nous pourrons ensuite appréhender une expérience du système plus globale. En effet, plusieurs concepts, développés par les sciences cognitives, sont issus des organismes vivants et donc des systèmes complexes avec les propriétés déjà exposées. Il s'agit ici de mettre en évidence une autre conception des interactions à partir de la relation réciproque entre l'individu et sa structure dans le système et l'environnement.

Depuis l'apparition de l'ouvrage *L'inscription corporelle de l'esprit*[282], où Varela et ses collègues formalisent les théories de l'enaction, ces concepts ont été développés dans plusieurs champs disciplinaires, dont la musique. Nous pouvons ainsi les retrouver dans les domaines de l'éducation musicale, dans la cognition musicale, où ils sont développés par les psychologues, ou encore dans la philosophie de la musique[283]. Remarquons l'approche de la cognition par le modèle 4E (*embodied, embedded,*

[282] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*

[283] Une large bibliographie autour de l'énaction et la musique a été compilé par Van Der Schyff *in* Dylan VAN DER SCHYFF, « Music as a Manifestation of Life: Exploring Enactivism and the « Eastern Perspective » for Music Education », *Frontiers in Psychology*, 27 mars 2015, vol. 6, p. 1.

enacted, extended)[284] qui est utilisé depuis une quinzaine d'années dans les sciences cognitives. Le modèle 4E « sees cognition as distributed across the entire body of a living system and its surrounding environment, and as continuous with the fundamental adaptive biological processes required for survival and flourishing[285]». Il nous permet de comprendre comment « individuals and social groups bring forth worlds of meaning through shared and embodied processes of dynamic interactivity. » *(ibid.*) Au travers de cette citation, nous voyons un rapprochement des sciences cognitives avec les théories des systèmes que nous voulons explorer. Ainsi, en même temps que les quatre concepts du modèle 4E, nous voyons apparaître d'autres termes dans la recherche musicale tels que la *cognition musicale incarnée,* la *créativité musicale incarnée,* le *sense-making*[286] musical (production de sens musical)*,* le *participatory sense-making,* etc. Nous aborderons ces concepts au fur et à mesure du développement de ce chapitre.

Nous commencerons par décrire les raisons pour lesquelles il est intéressant d'analyser le phénomène à partir de l'enaction par le négatif. Nous allons regarder les inconsistances de l'analyse de l'improvisation musicale sous l'optique des paradigmes précédents de la cognition : le cognitivisme et le connexionnisme. Même si les chercheurs qui travaillent sur le modèle 4E ne sont pas entièrement d'accord[287] sur le degré de participation de chaque élément dans la cognition, ils sont en consonance dans leur opposition au cognitivisme. Nous allons voir pourquoi ce paradigme n'est pas adapté à l'analyse de l'improvisation.

3.1 Les paradigmes de la cognition

Au milieu du XX^{e} siècle, l'ensemble des travaux dont nous avons parlé à propos de la recherche sur la complexité, la théorie de l'information, etc. amène leurs auteurs à

[284] Des auteurs ajoutent la cognition situé et distribué. Pour l'improvisation il a été proposé aussi un modèle 5^{E} avec l'ajout de Extemporized (voir Steve TORRANCE et Frank SCHUMANN, « The spur of the moment: what jazz improvisation tells cognitive science », *AI & SOCIETY*, 28 mars 2018, p. 10.)

[285] Dylan VAN DER SCHYFF, Andrea SCHIAVIO, Ashley WALTON, Valerio VELARDO et Anthony CHEMERO, « Musical Creativity and the Embodied Mind: Exploring the Possibilities of 4E Cognition and Dynamical Systems Theory », *Music & Science*, janvier 2018, vol. 1, p. 2.

[286] Dans plusieurs articles en français sur l'enaction, le terme *sense-making* est utilisé en anglais. Dans l'absence d'un terme uniforme dans le français nous utilisons le terme en anglais.

[287] Pour le détail des points de désaccord entre les chercheurs voir Richard MENARY, « Introduction to the Special Issue on 4E Cognition », *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1 décembre 2010, vol. 9.

entreprendre le développement d'une « science de l'esprit », où les opérations du cerveau pourraient être décrites selon les principes de la logique. Les neurones auraient une valeur logique qui s'interconnecterait pour former des portes logiques (AND, OR, XOR, etc.) — les principes de l'ordinateur de Von Neumann. La cognition humaine est donc perçue comme un ordinateur, l'intelligence serait le résultat de la manipulation de représentations symboliques à partir de règles. Cette période est appelée cognitiviste ou computationaliste. Dans cette acception de la cognition, ces processus se produisent à partir de l'entrée de données captées par les sens. La manipulation de ces informations est réalisée dans une boîte noire à l'intérieur du cerveau, qui développe des représentations plus complexes. Les sorties sont alors des réponses aux problèmes soumis au système, aux comportements et enfin à la connaissance. Cela correspond au monde réel extérieur prédéfini. L'individu n'a pas un accès direct au monde, mais l'expérience du monde est faite par des représentations symboliques de ce dernier.

Il est important à constater que le corps n'a pas de rôle dans la cognition, mais sert de support biologique au cerveau. Cette conception de la cognition est bien adaptée à la musique occidentale de tradition écrite, où la partition – une représentation symbolique des idées du compositeur – est le véhicule pour la création musicale. Juan Reyes explique comment le cognitivisme est utilisé dans la création musicale :

> « L'influence de la pensée cognitiviste dans la création musicale se manifeste par l'utilisation de systèmes formels se définissant par rapport à une théorie formelle du langage. C'est ainsi que les propositions musicales deviennent des unités linguistiques, susceptibles de donner lieu à des interprétations sémantiques, des descriptions naturelles ou des états intermédiaires, pour lesquelles existe la tentation de leur donner une valeur de vérité[288]. »

Certaines formes d'improvisation musicale pourraient s'expliquer par la pensée cognitiviste selon laquelle les musiciens se basent sur des modèles formels et des règles bien définies sous-jacentes à un langage musical (voir paragraphe 1.4.3.2). Au contraire, quand il n'existe pas de langage prédéfini, comme dans le cas de l'improvisation libre, l'approche cognitiviste ne fonctionne pas pour expliquer le processus de création musicale. En effet, la cognition comme processus abstrait de résolution de problèmes ignore « the exploratory, embodied and creative nature of

[288] Juan Rodrigo GARCIA REYES, *L'énaction et l'art sonore numérique*, *op. cit.*, p. 56.

perception[289]. » Par conséquent, il s'avère impossible de comprendre comment, à partir de la même information d'entrée, l'évolution de l'improvisation se déploie d'une manière toujours différente. Une autre critique que nous pouvons faire au cognitivisme est que cette approche n'explique pas comment de simples tâches peuvent être réalisées instantanément. En effet, dans le principe computationaliste, les opérations de la cognition se réalisent par un traitement séquentiel des donnés, ce qui requiert un temps d'exécution plus long. Par exemple, un simple *slap* d'un saxophoniste dans son instrument pour répondre à un son percussif provenant du système comporte un grand nombre d'opérations que l'instrumentiste n'aurait pas le temps de réaliser si la cognition fonctionnait séquentiellement comme un ordinateur tel que le propose le cognitivisme.

Le paradigme des sciences cognitives, qui essaie de répondre aux limites du computationnalisme, est arrivé quelques années plus tard avec le connexionnisme. « Ici le point de départ n'est pas une description symbolique abstraite, mais une armée de constituants simples et non intelligents qui, comme des neurones, expriment des propriétés globales intéressantes lorsqu'ils sont reliés[290]. » Ce paradigme prend pour inspiration les réseaux neuronaux, au sein desquels les constituants simples ont des propriétés d'auto-organisation ou propriétés émergentes[291], dont nous avons déjà parlé dans les paragraphes précédents. Cependant, « le critère d'évaluation de la cognition est toujours la représentation adéquate d'un monde extérieur prédéterminé[292] » où le sens commun est absent. Or, comme nous l'avons rappelé, la création musicale improvisée est un processus où l'environnement est en interaction continue avec le système, en même temps qu'il se crée par les actions des constituants du système.

Ainsi, nous pourrons en déduire que ces modèles de cognition ne sont pas adaptés, car nous ne pouvons pas négliger ces interactions, condition nécessaire à la formation du système complexe (voir paragraphe 2.2.4). Pour comprendre comment l'improvisation

---

[289] Dylan VAN DER SCHYFF, « Improvisation, Enaction & Self-Assessment », *op. cit.*

[290] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 57.

[291] Varela et collègues écrivent que les théories du connexionnisme sont appelées aujourd'hui des systèmes complexes, systèmes dynamiques, etc., mais comme nous avons vu, la pensée complexe se caractérise non simplement par l'auto-organisation, mais par une auto-éco-organisation où l'interaction avec l'environnement est fondamentale. C'est pour cela que nous pensons que les théories de l'énaction peuvent être liées aux théories des systèmes complexes.

[292] Francisco J. VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, *op. cit.*, p. 90, 91.

musicale fonctionne à partir des processus de création des individus dans un monde partagé, il nous faudra prendre en compte l'individu dans cette relation continue. La théorie de l'enaction peut nous aider à intégrer tout cela : « Le concept d'enaction apparaît comme un paradigme qui essaie de faire le lien entre la méthode scientifique et l'expérience humaine[293]. »

3.2 L'enaction et la production collective du sens

Dans la première partie de ce texte, nous avons considéré l'improvisation comme un processus créatif qui se construit et se développe à chaque instant : ce *work in progress* continu devient l'aspect plus saillant de cette pratique. Il n'existe pas un point de départ défini *a priori* et les instrumentistes tissent ensemble et continuellement le réseau d'interaction qui définit la pratique. Ces caractéristiques nous amènent rapidement à faire un parallèle avec la théorie de l'enaction illustrée dans les vers du poète Antonio Machado : « Caminante no hay camino, se hace camino al andar[294] » (Toi qui marches, il n'existe pas de chemin, le chemin se fait en marchant...). Le monde est créé par l'individu lors de son interaction avec lui. Le monde n'est pas une entité extérieure que l'individu reflète dans ses processus mentaux, mais une structure avec ses *affordances* « which has certain values and meanings depending on the adaptive complexity of the cognizer who interacts with it[295]».

L'individu fait donc émerger un monde à chaque instant selon ses caractéristiques sensori-motrices. En appliquant cela à l'improvisation, nous tombons sur les propriétés dont nous avons parlé avant. Les processus de création se forment en cours de route : rien n'est établi *a priori*, c'est chaque action de chaque musicien, dans l'interaction avec son entourage qui définit chaque moment de l'improvisation et ainsi un processus qui est enacté — le chemin se fait en marchant. Même s'il n'est pas possible de prédire le moment suivant du processus, celui-ci n'est pas aléatoire, car le développement des processus dépend de la manière dont chaque élément fait émerger son monde. Ce

---

[293] Juan Rodrigo GARCIA REYES, *L'énaction et l'art sonore numérique*, *op. cit.*, p. 102.

[294] Antonio MACHADO, *Proverbios y cantares XIX*, Campos de Castilla., Madrid, 1912.

[295] Andrea SCHIAVIO et Hanne DE JAEGHER, « Participatory Sense-Making in Joint Musical Practice », *in* Micheline LESAFFRE, Pieter-Jan MAES et Marc LEMAN (dir.), *The Routledge companion to embodied music interaction*, New York London, Routledge Taylor & Francis Group, Routledge companions, pp. 31-39.

développement dépend des actions des éléments du système et de l'environnement, car il se fait dans l'interaction entre les constituants du système. En même temps qu'il alimente le système et construit le processus, le musicien se fait improvisateur, car il nourrit son expérience à chaque instant avec l'information qu'il reçoit de son milieu[296].

L'enaction nous aide à comprendre comment les musiciens, dans l'interaction avec le système, réussissent à guider leurs actions à chaque instant, car le milieu sonore est en constante mutation par les différentes actions des constituants. Dans les interactions à l'intérieur du système, la structure sensori-motrice des musiciens sélectionne, détermine et guide les contributions musicales en même temps que le milieu qui l'a modulé transforme cette structure de l'improvisateur. Il y a une action réciproque en continu dans l'interaction de chaque musicien avec son milieu sonore. Il s'agit de la notion de couplage structurel, fondamentale dans la théorie de l'enaction.

Les principes du concept de l'enaction peuvent être résumés comme suit :

> « 1 — […] living beings are autonomous agents that actively generate and maintain themselves, and thereby also enact or bring forth their own cognitive domains.
>
> 2 — […] the nervous system is an autonomous dynamic system: It actively generates and maintains its own coherent and meaningful patterns of activity, according to its operation as a circular and reentrant network of interacting neurons.
>
> 3 — […] cognition is the exercise of skillful know-how in situated and embodied action. Cognitive structures and processes emerge from recurrent sensorimotor patterns of perception and action.
>
> 4 — […] cognitive being's world is not a prespecified, external realm, represented internally by its brain, but a relational domain enacted or brought forth by that being's autonomous agency and mode of coupling with the environment.
>
> 5 — […] experience is not an epiphenomenal side issue, but central to any understanding of the mind, and needs to be investigated in a careful phenomenological manner[297]. »

---

[296] Steve Torrance et Frank Schumann dans leur article « The spur of the moment », *op. cit.* utilisent d'autres verses du même poème pour montrer une autre caractéristique de l'improvisation dont nous avons parlé auparavant (voir paragraphe 1.4.1.2): l'impossibilité de revenir en arrière dans ses actions pour les modifier ou corriger. « Al andar se hace camino // y al volver la vista atrás // se ve la senda que nunca // se ha de volver a pisar. » Les auteurs relèvent l'éphémère de l'improvisation, où les musiciens ne pourront jamais plus revivre les instants passés du processus pour les manipuler. Le chemin est fait et l'improvisateur doit vivre avec cela dans son bagage musical pour développer de nouveaux chemins. Cela nous rappelle l'utilisation de Savouret des mots de Paul Valéry : « Entrer dans l'avenir en réculons » car le chemin se fait en marchant, mais avec cet historique d'expériences.

[297] Evan THOMPSON, *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*, Cambridge, Mass., Belknap Press of Harvard University, 2007, p. 13.

Si nous essayons de transposer ces principes à la pratique de l'improvisation musicale, nous pouvons voir que plusieurs de ces traits ont déjà été abordés dans le chapitre précédent ce qui montre la proximité de ces approches. Ainsi, dans le premier point, le concept d'autonomie est lié à l'auto-organisation que nous avons évoquée plus haut. L'individu doit maintenir son autonomie[298] en renouvelant leur identité afin de se distinguer de l'environnement en même temps qu'ils interagissent avec lui. Dans ce processus, l'individu fait émerger sa signification, ce qui signifie dans notre cas qu'il contribue avec ses interactions au flux sonore qui caractérise l'ensemble musical. Le deuxième point est en effet la vision systémique dans l'approche enactive : le système autonome d'improvisation musicale maintient sa cohérence dans l'interaction entre ses constituants. Le troisième point sera développé dans le paragraphe suivant, mais nous pouvons d'ores et déjà dire que ce sont les actions intentionnelles des musiciens dans leur perception de leur milieu à chaque instant qui font émerger la signification du système de l'improvisation. Le quatrième point exprime l'importance de la relation entre le monde et l'individu illustrée plus haut par la citation de Machado : la relation réciproque dans leur co-création. Enfin, le dernier point nous rappelle l'importance de l'expérience humaine dans la méthode scientifique.

Avec ces principes, nous pouvons explorer comment les musiciens peuvent générer des significations qui leur permettent d'agir dans le développement des processus créatifs. Nous pouvons adapter directement à l'improvisation musicale la définition de la construction du sens que De Jaegher et Di Paolo donne de *sense-making*. Ainsi, les musiciens réalisent un couplage structurel avec le milieu sonore généré par le système, car il y a une direction dans le processus : celle de la continuité de l'identité du système qu'ils ont créé et qui initie la régulation. Ceci établit une perspective sur le système (le monde) avec sa propre normativité, qui est la contrepartie de l'agent en tant que centre d'activité dans le système. Les échanges avec le milieu sont intrinsèquement significatifs pour le musicien et il s'agit d'une propriété de définition d'un système cognitif : la création et l'appréciation de la signification — le *sense-making*[299]. Il faut noter que, dans le système dont il est question ici, ces activités sont réalisées d'une manière collective où chaque musicien enacte son monde. Ces activités d'ensemble

[298] Pour les organismes vivants sera pour se maintenir en vie, mais ici nous pouvons parler d'une autonomie musicale qui est toujours incarné, situé, élargie.

[299] Hanne DE JAEGHER et Ezequiel DI PAOLO, « Participatory sense-making », *op. cit.*, p. 4.

montrent que les musiciens ont les mêmes intentions et modifient en continuation les interactions pour s'adapter collectivement. Ils coopèrent[300] pour atteindre le même objectif tout en préservant leur individualité. Il s'agit d'une opération récursive où les interactions directes et indirectes de chaque élément avec le milieu et l'environnement sont établies pour maintenir leur autonomie et celle du système et le faire évoluer. Cela peut être résumé dans l'exemple de la performance collective donné par Van der Schyff :

> « In brief, musicians must individually and collectively initiate, and adapt to, a range of interacting dynamics in the larger musical system. They work within various levels of constraint to keep the musical environment coherent, maintaining their status as autonomous musical individuals whose actions simultaneously inform and are informed by the musical environment they co-enact. Additionally, musical agents can and do push against such constraints to initiate transformations that keep the music vital or "alive"[301]. »

Notons aussi la différence entre un improvisateur et un auditeur qui écoute, car ce dernier réalise le couplage structurel avec le système à partir des opérations d'écoute[302] au lieu des gestes musicaux. De cette façon, avec des opérations distinctes, improvisateur et auditeur assurent la même direction du processus de régulation du système.

Le concept de *participatory sense-making* a été introduit par Di Paolo et De Jaegher[303] pour expliquer les interactions sociales à partir de la théorie de l'enaction. La théorie a ensuite été développée afin d'expliquer les interactions dans la pratique musicale collective. L'idée de base est que, dans ce contexte, l'émergence de la signification est participative dans la mesure où les dynamiques sociales (tels que la coordination dont nous avons parlé avant) affectent le *sense-making* individuel. En effet, au cours du

---

[300] Fantasia et al. montrent que les « interactions are always cooperative, inasmuch as participants orient to, monitor and support the interlocutors' understanding and act so as to enable their successive moves » *in* Valentina FANTASIA, Hanne DE JAEGHER et Alessandra FASULO, « We Can Work it Out », *op. cit.*

[301] Dylan VAN DER SCHYFF, Andrea SCHIAVIO, Ashley WALTON, Valerio VELARDO et Anthony CHEMERO, « Musical creativity and the embodied mind », *op. cit.*

[302] Vaggione parle aussi des opérations similaires d'écoute à celles de l'action musicale. « Je pense par ailleurs que ce sens de l'opératoire (cet engagement dans l'action musicale) va si loin qu'il implique également l'auditeur, dans la mesure où l'auditeur effectue lui-même des opérations. Les opérations "d'écoute" de l'auditeur sont en quelque sorte impliquées (mais non déterminées) par celles qui relèvent de la composition : elles présupposent l'existence d'un processus articulé (une musique), sur lequel, en passant par ses projections diverses (partitions, performances, enregistrements), va se produire un couplage avec les moyens opératoires de l'auditeur »*in* Horacio VAGGIONE, « Composition musicale », *op. cit.*, p. 163.

[303] Hanne DE JAEGHER et Ezequiel DI PAOLO, « Participatory sense-making », *op. cit.*

développement des interactions entre les individus, celles-ci s'adaptent et se modélisent. De cette manière, on comprend que les interactions musicales entre les éléments du système peuvent modéliser les significations des autres constituants et ainsi enacter un ensemble de significations partagées. Cette théorie se base sur deux points :

> 1— there is a coupling, which is regulated so as to generate and maintain an identity in the relational domain. Thus, the resulting relational dynamics are autonomous in the strict sense of precarious operational closure[304].
>
> 2 — the individuals involved are and remain autonomous as interactors.[305]

Dans les interactions directes ou indirectes, le musicien sélectionne des éléments avec lesquels interagir, générant un couplage (pouvant être un élément du système ou le flux sonore). Ce couplage est développé dynamiquement, mais est précaire dans la mesure où il peut se terminer pour enchaîner d'autres interactions avec d'autres éléments du système. À noter que dans cette interaction, les individus doivent maintenir leur autonomie (musicale), car, dans la perte de celle-ci, ils deviennent des objets ou des instruments manipulés par leur partenaire.

La *participatory sense-making* peut par conséquent être définie comme la « coordination of intentional activity in interaction, whereby individual sense-making processes are affected and new domains of social sense-making can be generated that were not available to each individual on her own. » *(ibid.* p. 13) Si on transpose cela sur notre cas d'étude, l'activité intentionnelle correspond aux actions musicales réalisées par les musiciens. Ces actions auront une signification propre à chaque musicien qui l'exécute, puisqu'elles sont le résultat de sa boucle action-perception. Toute cette activité est modifiée par les opérations similaires réalisées par chaque élément du système créant ainsi de nouvelles significations. À son tour, chaque élément entame de nouvelles actions que les individus ne pouvaient pas réaliser individuellement, par exemple dans une performance solo. Cela fait écho aux propriétés émergentes des systèmes complexes (voir paragraphe 2.2.6).

Autrement dit : « [M]usical communication is realized in the cooperative generation

---

[304] « Un système possédant une clôture opérationnelle est précisément un système dont les résultats des processus sont ces processus eux-mêmes. La notion de clôture opérationnelle est donc une manière de spécifier les classes de processus qui, dans leur fonctionnement proprement dit, se retournent sur eux-mêmes. » *in* Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 242.

[305] Hanne DE JAEGHER et Ezequiel DI PAOLO, « Participatory sense-making », *op. cit.*, p. 9.

and transformation of musical meaning; it depends on the embodied participation of everyone involved in realizing the collective musical event and is thus best described in non-linear, dynamical, and phenomenological terms[306]. »

3.3 La cognition musicale incarnée, située et élargie

Le principe de base de l'*embodiment* est que le corps a un rôle fondamental dans les processus de cognition. La cognition n'est pas une tâche réalisée par le cerveau indépendamment du corps, mais c'est un processus plus large qui inclut le système nerveux et toutes les particularités sensori-motrices de l'organisme dans l'interaction avec l'environnement. Plus spécifiquement, la cognition se fait par la boucle action-perception au sein de laquelle la perception est le corps en mouvement. Dans ce sens, la perception musicale se réalise par les actions musicales (telles que les gestes musicaux ou l'écoute) guidées par cette perception. Le rôle du corps dans la perception est un aspect fondamental de la théorie de l'enaction, comme Varela l'explique dans son ouvrage de 1991. Le concept d'action incarnée est ainsi justifié :

> « Par le mot *incarnée,* nous voulons souligner deux points : tout d'abord, la cognition dépend des types d'expérience qui découlent du fait d'avoir un corps doté de diverses capacités sensori-motrices ; en second lieu, ces capacités individuelles sensori-motrices s'inscrivent elles-mêmes dans un contexte biologique, psychologique et culturel plus large. En recourant au terme action, nous souhaitons souligner une fois de plus que les processus sensoriels et moteurs, la perception et l'action sont fondamentalement inséparables dans la cognition vécue. En effet, elles ne sont pas associées dans les individus par simple contingence ; elles ont aussi évolué ensemble[307]. »

Marc Leman considère le corps comme le médiateur entre l'expérience et l'environnement pour expliquer « la connexion existante [entre] d'une part la musique en tant que phénomène expérimenté et d'autre part la musique en tant que phénomène physique[308]. » Ainsi, le corps et les gestes musicaux deviennent des médiateurs facilitant la production du sens musicale. Pour l'auteur, dans l'interaction musicale,

---

[306] Andrea SCHIAVIO et Hanne DE JAEGHER, « Participatory Sense-Making in Joint Musical Practice », *op. cit.*, p. 4.

[307] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 285.

[308] Marc LEMAN, Leen DE BRUYN, Pieter-Jan MAES, Bart MOENS et Luc NIJS, « Musique et incarnation : le couplage de l'action et de la perception », *in Musique et sciences de l'esprit*, Collectif, pp. 109-120, p. 111.

l'environnement musical fournit des informations qui provoquent des intentions musicales, qui sont traduites par des gestes corporels. Dans ces gestes corporels, un cas spécifique peut être relevé, les gestes mimétiques. Ceux-ci sont expliqués en ce qui concerne l'incarnation des gestes musicaux :

> « Embodiment assumes the existence of mirroring processes that facilitate the encoding of expressive gestures into sounds, and the decoding of sounds into expressive gestures. Expressive gestures thereby form the common basis on which humans base their sense-giving engagement with music. Moreover, mirroring implies that the underlying mechanisms for musical meaning formation are rooted in sensorimotor principles. However, once we accept the idea of a close link between sound and gesture […], we are committed to the fact that the influence of music perception on human action also works the other way around, namely, that music-driven gesturing may facilitate musical perception[309]. »

Nous avons donné l'exemple du déplacement des musiciens dans l'espace pour comprendre le résultat sonore de ses actions et ainsi les guider selon les caractéristiques des différents endroits de l'espace. On peut trouver un autre exemple dans la situation de performance de l'improvisation musicale au cours de laquelle il est possible d'observer comment les actions sont guidées par la perception : le flux sonore est en transformation constante suite à l'activité des constituants. La boucle action-perception signifie qu'en percevant ces transformations, les actions des musiciens s'adaptent pour maintenir l'identité du système. Un autre exemple peut être l'exploration d'un nouvel instrument de musique : le musicien utilise ses capacités sensori-motrices pour explorer les *affordances* de cet objet. Par la perception des possibilités offertes par l'instrument, le musicien guide les actions musicales postérieures.

Dans l'étude de l'esprit par le modèle 4E, la cognition est aussi présentée comme « embedded » (ou en français « située ») et « extended » (que nous pouvons traduire par « cognition étendue » ou « élargie »). La cognition située est souvent associée avec la cognition incarnée[310], en plus d'être réalisé par le corps en mouvement, défend que la cognition est dépendante de et modelée par son contexte physique et socio-culturel,

---

[309] Marc LEMAN et Pieter-Jan MAES, « The Role of Embodiment in the Perception of Music », *Empirical Musicology Review*, janvier 2015, vol. 9, nº 3-4, pp. 236-246, p. 237. À noter que dans notre approche il existe une clôture opérationnelle dans ce processus et nous ne le pouvons pas voir séparément. C'est à dire que pour nous que l'action facilite la perception mais se sont des conséquences une de l'autre. Les auteurs semblent dissocier les deux notions. Andrea Schiavo développe aussi cette critique dans Andrea SCHIAVIO, « Action, Enaction, Inter(en)action », *Empirical Musicology Review*, mai 2015, vol. 9, nº 3-4, pp. 254-262.

[310] Clark parle de « Embodied embedded cognition » *in* Andy CLARK, *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*, Paperback Ed., Cambridge, Mass., MIT Press, A Bradford book, 2001.

qui est lui-même modelé par l'individu. Varela aborde déjà ces aspects en situant la structure dans un contexte socio-culturel : « […] la connaissance est le résultat d'une interprétation permanente qui émerge de nos capacités de compréhension. Ces capacités s'enracinent dans les structures de notre corporéité biologique, mais elles sont vécues et éprouvées à l'intérieur d'un domaine d'action consensuelle et d'histoire culturelle[311]. »

Ces théories s'inspirent des travaux de Gibson[312] pour qui la perception est directe (sans représentations) ; elle est réalisée pour conduire les actions ; elle est réalisée par les *affordances*. Cette conception de la cognition implique que les possibilités d'action sont proposées par les situations spécifiques données par les *affordances* de l'environnement dans lesquelles l'individu est situé, mais aussi par l'historique des couplages structurels. Par exemple, les *affordances* d'un nouvel instrument perçues par un musicien professionnel seront différentes de celles perçues par un musicien débutant (cf. paragraphe 2.3.2).

Enfin, la cognition étendue prend en compte non seulement les caractéristiques « naturelles » de l'environnement, mais aussi « matérielles » que l'individu peut utiliser pour développer ses actions. La prise en compte de l'éventualité de la cognition étendue tient au fait que l'on se focalise seulement sur les autres points du modèle 4E, et l'on pourrait alors négliger « the dynamical processes of codetermination that occur between (musical) agents and their environments[313]. » Par exemple, l'utilisation du *smartphone* comme extension de la mémoire ou pour l'orientation.

La cognition est donc élargie par les outils et objets que l'individu possède et qui constituent une extension l'assistant dans ses processus d'interaction avec le monde. Dans une certaine mesure, l'utilisation de l'instrument musical peut être vue comme une extension du corps, car à partir d'un certain niveau de maîtrise de l'instrument, celui-ci devient transparent et la cognition se fait directement au travers de son utilisation.

---

[311] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 256.

[312] À noter que ce sont les aspects que dans l'approche écologiste de Gibson, il affirme que l'environnement est indépendant de la cognition, mais comme nous avons dit avant, l'environnement est le résultat de l'interaction des individus (des systèmes complexes) à plusieurs niveaux. Ainsi, la cognition située est seulement intéressante de prendre en compte dans l'ensemble du modèle et ne pas isolément.

[313] Dylan VAN DER SCHYFF, Andrea SCHIAVIO, Ashley WALTON, Valerio VELARDO et Anthony CHEMERO, « Musical creativity and the embodied mind », *op. cit.*, p. 7.

Pour résumer l'application du modèle 4E dans les processus de création, nous pouvons dire que l'improvisation musicale « involve the enactment of ongoing recursive "feedback" and "feedforward" loops between embodied agents and the extended material, social, and cultural environments they are embedded in and actively shape[314]. »

3.4 L'évolution de l'improvisation musicale

Dans l'exploration des concepts qui caractérisent un système complexe, nous avons brièvement abordé la question de l'évolution du système vers de nouveaux états. Nous revenons à présent à la question de l'évolution du système pour comprendre l'évolution des processus du système d'improvisation musicale du point de vue de l'enaction. Notre point de départ est l'évolution par dérive naturelle telle que Varela l'expose en s'opposant à l'évolution par la sélection naturelle[315]. Nous tenterons ici de « savoir comment élaguer la multiplicité des trajectoires viables existantes en tout point donnée[316] », c'est-à-dire, comment expliquer la direction que prend le développement du flux sonore à chaque moment de la performance. La multiplicité d'actions que les individus peuvent entreprendre résulte dans une infinité de trajectoires possibles. Nous cherchons donc à comprendre la viabilité des actions des musiciens dans leur interaction avec le système.

L'évolution par dérive naturelle se formule en quatre points :

> « 1. L'unité d'évolution (à un niveau quelconque) est un réseau capable d'un riche répertoire de configurations auto-organisatrices.
>
> 2. Soumises à un couplage structurel avec un milieu, ces configurations engendrent une sélection, processus incessant de *satisficing*[317] qui déclenche (mais ne spécifie pas) des changements dans la forme des trajectoires viables.
>
> 3. La trajectoire ou le mode de changement spécifique (non unique) de l'unité de sélection est le résultat entremêlé (non optimal) de multiples niveaux de sous-réseaux

---

[314] *Ibid.*, p. 12.

[315] Varela et collègues exposent la critique au néo-darwinisme dans le chapitre 9 de son livre Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 303-353.

[316] *Ibid.*, p. 323.

[317] Le *satisficing* est l'« adoption d'une solution sous-optimale mais néanmoins acceptable, en ce sens qu'elle dépasse un seuil limite de satisfaction » *in Ibid.*, p. 322, 323.

de répertoires auto-organisés ayant fait l'objet d'une sélection.

4. L'opposition entre les facteurs causaux internes et externes est remplacée par une relation de co-implication, puisque l'organisme et le milieu se spécifient l'un l'autre[318]. »

Les auteurs donnent trois conditions que cette conception de l'évolution doit respecter conjointement :

« 1. La richesse des capacités auto-organisatrices des réseaux biologiques.

2. Un mode de couplage structurel permettant que des trajectoires viables passent le test de *satisficing*.

3. L'organisation des processus en sous-réseaux modulaires qui interagissent par bricolage[319]. »

Ces caractéristiques s'appliquent aux systèmes vivants, mais il n'est pas vrai pour tous les systèmes en général. Nous devrons donc examiner ces caractéristiques et conditions dans le système d'improvisation que nous analysons ici pour vérifier si nous pouvons appliquer cette conception de l'évolution par dérive naturelle à notre cas. Nous avons déjà vérifié l'application du premier point, lorsque nous avons analysé les propriétés d'auto-organisation du système d'improvisation dans le paragraphe 2.2.5. Concernant le point suivant, nous avons vu comment le musicien est dans un état de criticité (voir paragraphe 2.2.6.1) pour être en mesure de s'engager dans le flux sonore émergeant du système. Pour réaliser cette action, il établit, en continu, une sélection des propriétés sonores et s'investit dans la production sonore. N'oublions pas l'importance des caractéristiques des individus et les *affordances* des outils qui permettent ou non la contribution dans le flux sonore. Par exemple, lors d'un *fortissimo* dans une performance de notre ensemble *Grand8*, l'utilisation des voix des chanteuses est redondante, car elles ne seront pas écoutées.

La question importante ici sera de comprendre comment un geste musical pourra passer le test de *satisficing*. Or, si le silence et ce « silence obligé » (des voix humaines) sont également des éléments musicaux, comment pouvons-nous évaluer un son mal placé ? En effet, la manière dont le musicien (dans son autonomie musicale) participe à l'interaction avec le système peut être ignorée par le système. Pourtant, si nous

[318] *Ibid.*, p. 324.

[319] *Ibid.* Le bricolage est la « réunion de parties d'objets en des collections qui sont compliquées non parce qu'elles réalisent un plan ideal, mais simplement parce qu'elles sont possibles ». *in Ibid.*, p. 323.

revenons au premier point, pour que le système fonctionne correctement, c'est-à-dire pour que les musiciens assurent une performance cohérente, l'auto-organisation du système implique que les sons soient intégrés même si cela n'est pas réalisé de manière optimale. En d'autres termes, des modes de couplages structurels doivent se créer pour maintenir l'identité et l'organisation du système. Notons que « la sélection opère ici comme un large filtre de survie admettant toute structure dotée d'une robustesse suffisante pour persister[320]. » Ainsi, les solutions musicales adoptées qui ne mettent pas en danger la survie de l'improvisation sont admises comme solutions acceptables[321].

Concernant le troisième point, essayons de le réécrire selon notre conception de l'improvisation : les actions sonores (du système ou de l'environnement), qui renforcent le son émergeant et le font évoluer vers un nouvel état, sont le résultat entremêlé (non optimal) de multiples états sonores passés et auto-organisés réalisés par le biais des actions sonores des éléments du système. Comme nous l'avons dit, l'établissement de nouveaux états du système par l'auto-organisation renforce la capacité d'adaptation du système à de nouvelles situations.

Le quatrième point a été déjà mentionné lorsque nous avons connecté les systèmes complexes à l'enaction. L'environnement n'existe pas à l'extérieur de l'organisme, mais est une réflexion de l'organisme (ou de l'ensemble des organismes). Ainsi, il existe une implication mutuelle entre les constituants du système, le milieu et l'environnement. Ceci est modifié en continu par les agents, en même temps que les façonne. Nous avons démontré que le système est le résultat de l'historique des couplages structurels entre les constituants et l'environnement.

> « […] les êtres vivants et leurs environnements se situent en relation les uns avec les autres à travers leur *spécification mutuelle* ou leur *codétermination*. […] Les régularités environnementales sont le résultat d'une histoire conjointe, d'une harmonie qui se déploie à partir d'une longue histoire de codétermination[322]. »

Nous pouvons faire le parallèle avec notre système au sein duquel les musiciens évoluent et co-évoluent avec le milieu et l'environnement qu'ils aident à construire.

---

[320] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 323.

[321] Il sera peut-être nécessaire de référer des cas extrêmes où les actions sonores ne passent le test de *satisficing*. Dans notre expérience, cela n'a jamais eu lieu lors des performances (finalement *the show must go on*), mais cela a eu des conséquences dans la complexité structurelle du système. Par exemple, après performance il est décidé de réduire la complexité structurelle du système sans les constituants dont ses actions n'ont pas passé le test.

[322] Francisco J. VARELA, Evan THOMPSON et Eleanor ROSCH, *L'inscription corporelle de l'esprit*, *op. cit.*, p. 327.

Nous pouvons conclure que l'évolution de l'improvisation musicale par dérive naturelle est plus adaptée à notre cas qu'une évolution avec une direction précise, car nous ne pouvons pas considérer que les actions des musiciens sont, dans tous les cas, optimales. À vrai dire, nous ne pouvons pas affirmer qu'une action musicale peut être considérée comme optimale, car, d'une part, il y aurait une multitude d'autres possibilités d'actions et d'autre part, cette appréciation dépendrait des qualités sensori-motrices des autres agents du système et de l'histoire des couplages structurels susceptibles de les définir comme optimales.

Conclusions de la première partie

Cette première partie propose une observation de la pratique de l'improvisation collective libre. À cette fin, nous avons ressenti le besoin d'expliciter les différentes pratiques de création musicale qui existent aujourd'hui. Nous avons vu que la notion actuelle d'improvisation est relativement récente. Nous avons présenté dans cette section l'évolution historique qui a conduit à l'émergence de cette forme de création.

Pour comprendre le fonctionnement de la performance improvisée, nous avons choisi de l'analyser selon la théorie des systèmes complexes car, comme nous l'avons montré, les propriétés nécessaires à la complexité sont applicables à l'improvisation musicale. Nous avons observé que le système se met en place lorsque des musiciens se réunissent, dans le but de produire une musique qui reflète leur liberté dans le travail créatif. Ces instrumentistes se retrouvent dans un lieu spécifique pour interagir avec leurs instruments et créer collectivement un flux sonore qui fait du sens pour eux. Entente et confiance se mettent en place. Car les musiciens, avec les mêmes intentions, se coordonnent et coopèrent dans leurs interactions. Toutefois, cela ne veut pas dire que toutes les actions des musiciens sont acceptées lors de la performance. Dans ces situations qu'on a appelé systèmes, les gestes musicaux sont continuellement évalués, intégrés s'ils passent le test de *satisficing* ou rejetés par les constituants.

Pour compléter cette méthode scientifique d'analyse, nous avons introduit l'expérience humaine dans notre étude. Nous avons vu comment les « actions perceptivement guidées » de l'individu sont importantes pour la formation de la connaissance. Il a été montré que les actions des musiciens doivent être coordonnées avec la dynamique de l'ensemble pour maintenir une cohérence globale, tout en gardant une liberté locale. Les actions des musiciens évoluent et se transforment pour atteindre la même finalité car ils partagent les mêmes intentions musicales.

Partie 2

L’improvisation musicale et la technologie

Introduction à la deuxième partie

La technologie a permis l'introduction de nouveaux outils dans le domaine de la création musicale. Depuis la possibilité de l'enregistrement, les artistes s'approprient des technologies du son afin d'élargir les possibilités créatives. Dans cette partie, il s'agira de comprendre en détail comment les technologies sont entrées dans le phénomène de l'improvisation musicale et comment elles ont engendré la musique électroacoustique[323] improvisée. Notre intérêt se concentrera sur les technologies numériques en faisant des références historiques aux autres technologies qui ont permis l'évolution vers le numérique. Nous consacrerons une attention spéciale dans cette partie aux enjeux de la lutherie numérique. L'instrument musical numérique sera disséqué pour comprendre en quoi il consiste et quels sont les outils informatiques nécessaires à son développement. Un des objectifs sera de mettre en évidence la relation entre les choix de construction de l'instrument et l'esthétique musicale du musicien.

La technologie a changé le rapport entre l'homme et sa façon de produire et recevoir la musique. L'enregistrement a coupé le lien entre la source sonore et l'auditeur. Les nouveaux instruments basés sur l'électricité ont changé le rapport entre le geste et le son. Les réseaux numériques ont permis la possibilité aux musiciens de jouer simultanément dans des lieux physiquement séparés ou avec un public situé ailleurs. Nous allons regarder de près les nouvelles possibilités que la technologie permet d'offrir. Dans la deuxième moitié de cette partie, nous allons analyser des instruments numériques qui ont influencé nos choix de développement numérique pour notre instrument musical.

Il s'agira de regarder de près le travail de lutherie de Lorenzo Bianchi Hoesch et aussi celui de nos collègues des groupes d'improvisation *Unmapped* et *Electrologues*. Nous ferons une analyse de ces instruments pour ensuite pouvoir analyser la manière dont le processus de création se réalise dans la configuration particulière de ces ensembles.

---

[323] Nous utilisons le terme musique électroacoustique pour intégrer tous les types de musique, à l'intérieur de ce qu'est actuellement appelé musiques de recherches, avec l'utilisation des moyens technologiques. Il peut donc inclure des propriétés de la musique concrète, musique électronique, musique acousmatique, *live electronics*.

Chapitre 4

Musique électroacoustique improvisée et lutherie numérique

À partir de la fin du XIX[e] siècle, les progrès technologiques ont bouleversé les arts marquant un passage à l'ère électronique avec l'arrivée de la lampe triode inventée par Lee de Forest en 1906. Les outils de création traditionnels ont subi des changements remarquables et les différentes disciplines artistiques ont accueilli ces nouvelles possibilités pour ouvrir de nouveaux chemins créatifs. Dans le domaine de la musique, plusieurs axes de recherche ont été créés au fur et à mesure de l'évolution des moyens technologiques. De la musicologie à la pratique instrumentale, les nouvelles technologies ont été appliquées pour analyser et innover dans la création musicale. Depuis le début du XX[e] siècle, ces évolutions technologiques donnent origine à de nouveaux outils pour la création musicale. Annette Van Der Gorne les divise en deux groupes[324] : ceux pour la reproduction sonore ; et ceux pour l'obtention des nouvelles sonorités. Les outils de ce premier groupe permettent la « réification du son en un ensemble d'objets "temporels"[325] ». Ils opèrent sur l'axe du temps de la musique avec l'enregistrement du son et l'échantillonnage. Ces outils permettent la reproduction et diffusion à l'infini de ces « objets temporels » éphémères dans sa genèse. Dans le deuxième cas, ces outils agissent sur le signal sonore, pour la synthèse sonore ou pour le transformer.

Avec ces nouveaux outils, contrairement à ce qui se passe avec les instruments acoustiques, quelque chose d'inédit a lieu : le son peut être « reproduit en absence de sa cause mécanique initiale[326] » comme le commente Jean Claude Risset à propos de l'apparition du phonographe en 1896. Le dessin et la construction de ces outils pour la

---

[324] Annette VANDE GORNE, « Une histoire de la musique électroacoustique », *Esthétique des arts médiatiques*, 1995, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Tome 1.

[325] Dario RUDY, « Musique improvisée et technologies numériques. Quelles questions, quels problèmes ? », *Anthrovision. Vaneasa Online Journal*, février 2014, 2.1.

[326] Jean-Claude RISSET, « Le son numérique : une acoustique affranchie de la mécanique ? », *Journal de Physique IV Colloque*, 1992, vol. 02, nº C1, pp. C1-3-C1-11, p. 3.

création musicale donnent origine à un nouveau champ de recherche : la lutherie électrique. Cet auteur divise l'histoire de la lutherie électrique en trois âges : électrotechnique, électronique et numérique. Dans cette thèse, nous sommes principalement intéressés par cette dernière étape de l'évolution proposée : la lutherie numérique.

4.1 Le rôle de la technologie dans la création musicale

Avant d'entrer dans le détail des évolutions numériques qui ont donné la possibilité de l'improvisation musicale électroacoustique, il est important de faire référence à l'interaction entre les différents systèmes sociaux, politiques, technologiques, artistiques de cette époque qui ont rendu possible l'émergence de l'ère numérique. Dans la Figure 5 (page suivante), Martin Laliberté schématise ces conditions[327].

Dans la musique, en résumé, Laliberté montre que « les musiciens du début du XX^{e} siècle tentent différentes transformations esthétiques : abandon de la tonalité, essor du timbre et du rythme et libération de la forme ». La conséquence sera une recherche de nouvelles sonorités, pour faire une musique où les différents paramètres ont la même valeur hiérarchique. La conception de la musique devient plus « percussive, dynamique, dissonante et timbrique ». De nouvelles avant-gardes surgissent pour organiser ces nouveaux discours.

L'arrivée de la création musicale avec les nouvelles technologies ne se donne pas seulement avec l'évolution technique des outils, mais aussi avec le contexte institutionnel[328]. Effectivement, après la Deuxième Guerre mondiale, les studios pour la radiodiffusion ont été mis en place jouant un rôle fondamental pour la production musicale et le développement des nouvelles musiques. Ceci résulte dans l'apparition de la musique concrète à la fin des années 1940, dans les studios de Radio France à Paris où y travaillait Pierre Schaeffer. Presque en même temps, en 1950 à Cologne, Herbert

[327] Pour plus de détail sur ces conditions voir aussi le chapitre Martin LALIBERTÉ, « Problématique générale des outils dans l'histoire de l'électroacoustique », *in* S. DALLET et A. VEITL (eds.), *Du sonore au musical, 50 années de recherches concrètes*, Paris, l'Harmattan, 2001, p. 3, 4.

[328] Hugues Genevois parle aussi de la relation avec les autres arts et la relation avec le corps à cette époque. Voir Hugues GENEVOIS, « Geste et pensée musicale, de l'outil à l'instrument », *Portail vidéo de l'Université de Rouen Normandie*, https://webtv.univ-rouen.fr/permalink/v125879a246cd7c1blvm/, consulté le 15 février 2019.

Eimert et Karlheinz Stockhausen créent leur Studio où naît la musique électronique, dont la conception formaliste de la composition est issue de l'école sérielle. De l'autre côté de l'océan, les recherches dans le domaine militaire font progresser la pensée et les technologies associées (voir paragraphe 2.1). L'évolution technologique aux États-Unis se développe à grande vitesse et le domaine de l'informatique musicale aussi. L'évolution permettant le numérique vient surtout de la recherche réalisée dans les universités de ce pays.

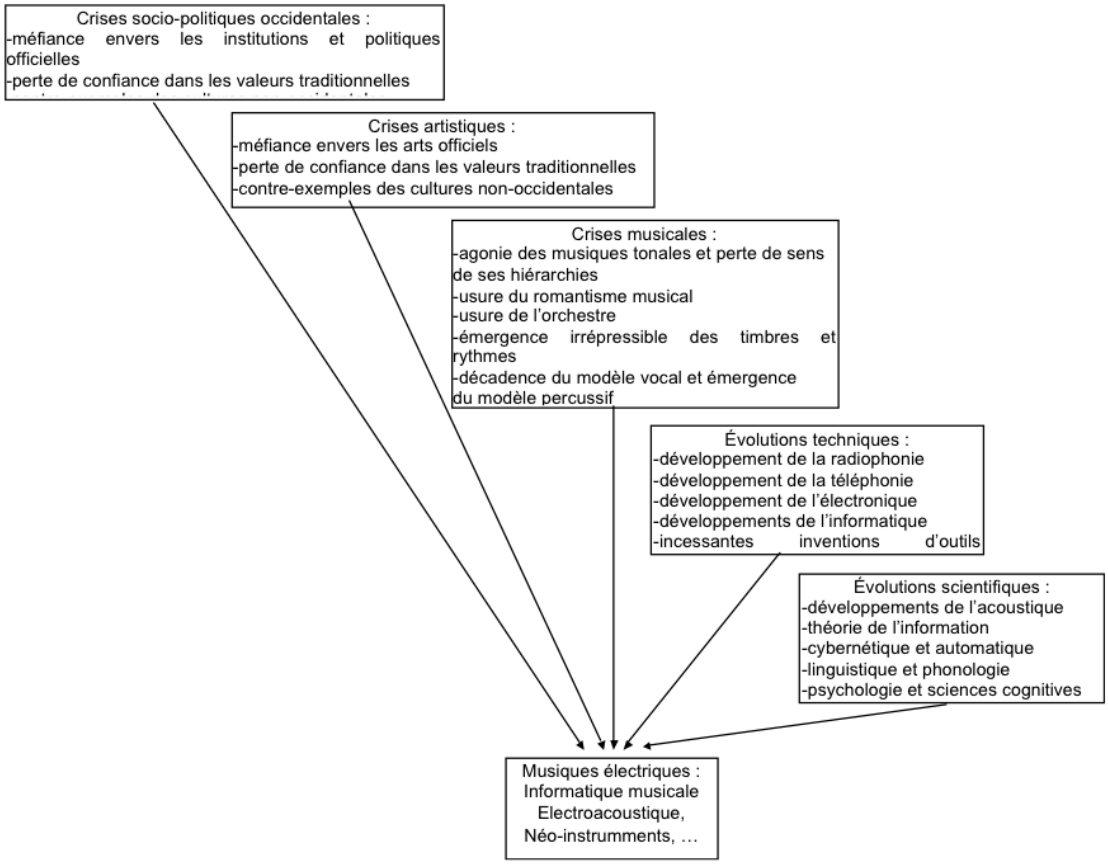


Figure 5 – Conditions d'existence des nouvelles technologies d'après Martin Laliberté[329]

Des exemples de pièces réalisées avec des procédés utilisant ces technologies récentes sont *Voile d'Orphée* (1953) de Pierre Henry, *Gesang den Junglinge* (1956) de Stockhausen, *Procession de Vergès* (1955) et *Poème électronique* (1958) de Varèse.

Cette ère est caractérisée par l'apparition de l'ordinateur qui rend possible le calcul numérique. Cet outil universel s'appliquera à différents domaines « aidant à développer

[329] Schèma retiré de Martin LALIBERTÉ, « Émergence et développement de l'informatique musicale », *in* Nicolas DONIN et Laurent FENEYROU (dir.), *Théories de la composition musicale au XXe siècle*, Lyon, France, Symétrie, Symétrie Recherche, pp. 639-670, p. 2.

les outils d'un savoir-faire intellectuel autant que matériel[330]. » Cela peut être observé par les deux branches qui démarrent l'âge numérique dans la musique. Risset fait débuter l'âge numérique à partir des années 1950 avec les expériences de Lejaren Hiller à l'université d'Illinois dans le domaine de la composition assistée par ordinateur. Hiller compose le quatuor à cordes *Illiac Suite for String Quartet* à l'aide de l'ordinateur *Illiac* où il introduit des règles pour trouver des solutions à des problèmes compositionnels. En 1957 aux laboratoires Bell, l'équipe de Max Mathews (à laquelle se joint Risset en 1964) réalise la première synthèse de sons par ordinateur.

Ces deux exemples deviennent deux pôles de recherche dans l'informatique musicale. Miller Puckette se réfère à ceux-ci quand il divise le champ d'application de la production musicale avec les ordinateurs en deux branches : « one concerned with the manipulation of musical sounds, and the other concerned with symbolic representations of music[331]. » Ce dernier correspond à la composition assistée par ordinateur, avec le travail réalisé à Illinois et le premier sur la musique générée par ordinateur, dont la synthèse sonore réalisée par Mathews. Ce sera dans cette branche que notre sujet d'étude se développe, « the manipulation of musical sounds » quand utilisé pour l'improvisation musicale. À noter que les résultats de ces premières années de travail que ces chercheurs ont réalisé autour de l'informatique musicale n'ont pas abouti à des résultats convaincants pour les compositeurs. Certains ont abandonné cette manière de faire de la musique ; pour d'autres cet échec les a poussés à continuer. Paul Lansky, par exemple, s'est éloigné de l'utilisation de l'ordinateur car pour lui les sons produits étaient beaucoup moins intéressants que ceux des instruments acoustiques.

Avec l'évolution des ordinateurs dans les années 1960 (avec des circuits intégrés et écrans alphanumériques) et les nouveaux langages de programmation, l'informatique musicale donne un pas important. Max Mathews développe de langages de programmation pour que les compositeurs puissent développer leurs idées. La disponibilité de la *IBM 360* et l'apparition de *Fortran*, un langage de programmation de plus haut niveau, mènent Mathews à développer une nouvelle version des logiciels

---

[330] Jean-Claude RISSET, « Évolution des outils de création sonore », *Champs culturels*, 2004, vol. 78, pp. 53-61, p. 23.

[331] Miller PUCKETTE, « « Computing While Composing. » Preface to the OM Composer's book », *in* Carlos AGON, Gérard ASSAYAG et Jean BRESSON (dir.), *The OM composer's book*, Paris, Ircam - Centre Pompidou, Éditions Delatour France, Collection musique/sciences, p. 5, p. IX.

Music-n, le *Music V*. Il a demandé que le logiciel soit en *open source* ce qui a eu comme conséquence sa récupération par d'autres chercheurs (l'ordinateur commençait à être plus répandu dans le milieu de la recherche) et dans sa propagation et évolution vers d'autres logiciels. Les années suivantes 1960 ont été importantes dans la recherche sur la synthèse sonore : l'objectif était de réussir à imiter les sons instrumentaux pour après les dépasser et construire des sons inexistants dans la nature, mais avec le même intérêt esthétique des premiers.

À noter que depuis les premiers phonographes, en passant par le *Thérémin* (1920), le *Trautonium* (1928), la guitare électrique (1931), les synthétiseurs (1965) (p. ex. *Moog*), un grand nombre d'instruments électroniques ont été présentés. Cependant, la branche de l'électronique restait écartée de celle du numérique. Sur le versant numérique, depuis les années 1970, plusieurs instruments numériques ont aussi été créés dont le *Synclavier* par Jon Appleton en 1977, ou plus tard le Clavier Rétroactif Modulaire[332], présenté en 1988 par l'équipe de Claude Cadoz.

Avec le surgissement de divers synthétiseurs, il a fallu un protocole pour la communication entre eux. Un certain nombre de compagnies constructrices se sont mises d'accord pour développer un protocole universel pour l'échange d'information entre les machines. Ainsi dès le début des années 1980, il naît le protocole MIDI[333] (*Musical instrument digital interface*). Ceci a donné un bon moyen de communication, car le message comportait les informations de l'action musicale effectuée dans la machine au lieu d'une description des caractéristiques du son. Par exemple, les notes MIDI correspondent aux touches d'un clavier. Cela montre comment l'interface de contrôle des synthétiseurs a été privilégiée malgré le fait que les sons créés n'ont pas de rapport avec le tempérament de la musique occidentale[334]. En effet, jusqu'à nos jours, les synthétiseurs utilisent cette interface pour contrôler des paramètres musicaux de la synthèse. Dans la même année de la sortie de la norme, le clavier numérique *Yamaha DX7* arrive avec la norme MIDI[335] intégrée. Il obtient un succès notable avec

---

[332] Claude CADOZ, « Interface de communication instrumentale : clavier rétroactif modulaire », *Actes des Journées internationales L'interface des mondes réels et virtuels*, mars 1992, Informatique'92, pp. 43-47.

[333] « MIDI Specifications », *MIDI Association*, https://www.midi.org/specifications, consulté le 27 février 2019.

[334] Par exemple, Moog a ajouté le clavier pour sembler un instrument de musique pour la presse car les câbles et boutons ne donnait pas l'air d'un instrument de musique. Il a été conseillé par ses collaborateurs l'ajout du clavier.

[335] Il est intéressant à noter que cette norme a survécu l'évolution technologique pour plus de 35 ans. Les instruments actuels comportent toujours la norme pour communication entre les appareils. En 2019 arrive le prototype du MIDI 2.0. Magnusson montre la nature politique de cette norme MIDI où il s'agit d'une norme fait par un nombre réduit

les sons de synthèse FM développés par l'équipe de John Chowning[336]. Ce protocole a été très important pour lier la branche électronique au numérique. Par exemple, les systèmes d'enregistrements deviennent numériques et les périphériques peuvent contrôler les séquenceurs numériques à travers l'utilisation du protocole MIDI.

Depuis les années 1980, avec la démocratisation de l'ordinateur personnel et les possibilités de la norme MIDI, se sont développés plusieurs logiciels dédiés à la musique. Essentiellement, c'étaient des séquenceurs MIDI qui permettaient la création de pistes avec l'information MIDI et sa manipulation via le clavier de l'ordinateur ou avec un clavier MIDI. *K.C.S. (Keyboard Controlled Sequencer)* ou *The sequencer* sont des exemples de ces séquenceurs. D'autres types de logiciels ont été créés aussi tel que le *Voyager* de George Lewis (voir le paragraphe 4.6.3) ou à noter aussi le *HSML*[337], un langage de programmation orienté objet créé à la Mills College. Depuis la possibilité d'avoir un ordinateur personnel, les musiciens peuvent sortir du studio institutionnel et ainsi développer leur musique avec leurs outils. Les développements réalisés dans le domaine de l'électronique sont désormais « transformés » dans des algorithmes numériques. Il s'agit des différentes méthodes de synthèse, mais aussi la simulation des instruments électriques et électroniques. Dans la Figure 6, nous pouvons voir l'image du synthétiseur *Moog* et la simulation numérique dans le format *VST*[338] pour utilisation comme échantillonneur dans les logiciels actuels.

---

des compagnies sans prendre en compte l'avis d'autres. Il a eu une uniformisation avec des règles spécifiques à une musique occidentale sans tenir en compte d'autres musiques, par exemple avec des ¼ de tons.

[336] John M. CHOWNING, « The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation », *Journal of the Audio Engineering Society*, septembre 1973, vol. 21, nº 7, pp. 526-534.

[337] Larry POLANSKY, « Live Interactive Computer Music in HMSL, 1984-1992 », *Computer Music Journal*, 1994, vol. 18, nº 2, pp. 59-77.

[338] Adrijan BOZINOVSKI et George TANEV, « Studio Technology and its Application in Digital Music Production », *Proceedings of the 10th Conference for Informatics and Information Technology*, avril 2013.

Figure 6 – Synthétiseur *Moog* et plugiciel *VST Moog*

Parallèlement aux développements numériques, des luthiers continuent à développer ces instruments électroniques. Un cas exemplaire est celui de Michel Waisvisz, avec son instrument *The hands* qu'il développe et actualise depuis son début. Depuis les années 1990, plusieurs logiciels et langages de programmation dédiés à la musique ont été développés, dont *Max/MSP* ou *SuperCollider*.

Les supports physiques ont évolué avec le CD (1982), le DAT (1987) et les différents types de stockage numérique qui montent leur capacité rapidement (des disquettes, en passant par la *zip drive* jusqu'aux actuelles clés USB) jusqu'aux 2 Tb aujourd'hui. En même temps la transmission de l'audio en fibre optique a été possible depuis les années 1980 et des formats compressés de musique (mp3) peuvent être facilement envoyés par internet. Dans les années 1990, l'audio a pu être envoyé en streaming et des chaînes telles que la *BBC* ont utilisé ce protocole pour diffuser ses émissions radio.

L'évolution des composants a permis aussi le surgissement de plusieurs types d'équipements avec un processeur, en dehors de la famille des ordinateurs, ce qui a permis d'intégrer des logiciels dédiés à la création musicale. Des plateformes de bas coût telles que l'*arduino* ont rendu possible la réalisation des interfaces numériques pour la création artistique sans avoir besoin de l'ordinateur sur scène. Les *smartphones* et les tablettes graphiques sont d'autres exemples de technologies utilisées pour la création musicale de manière numérique sans l'ordinateur. Les possibilités multitactiles de ces plateformes ont intéressé les chercheurs, car tels que pour l'ordinateur, des périphériques ont été développés pour intégrer ces appareils. Ainsi, des cartes son, des microphones, etc. sont créés pour intégrer ces appareils portables, rendant possible d'avoir des mini-studios portables ou des instruments numériques profitant aussi des capteurs déjà intégrés dans ces appareils.

4.1.1 L'évolution technologique et la société

Avant de continuer sur l'évolution de la musique avec les outils que l'électricité rendue possible, il nous semble pertinent de montrer comment la société n'est pas détachée de la technologie avec laquelle elle co-évolue. Plus spécifiquement, au cours des âges, la technologie devient une extension des capacités de l'humain. Il intègre la technologie dans son quotidien et cela change son rapport avec le monde, parfois avec l'incapacité de vivre sans cela. Ces sujets ont été abordés par la philosophie de la technologie depuis la moitié du XX^{e} siècle. Nous souhaitons ici donner des lignes générales pour comprendre comment la technologie est imbriquée dans la culture sociale. À partir de ce constat, l'instrument musical numérique peut être vu non simplement comme un outil que le musicien utilise pour réaliser une tâche, mais comme une extension de la cognition du musicien[339].

Magnusson, dans sa thèse de doctorat, montre que la technologie n'est pas un outil externe à l'humain. L'homme utilise les artefacts pour faciliter des tâches, mais les sociétés absorbent la technologie et sont transformées par l'utilisation de ces artefacts. L'écriture et l'écriture musicale sont des exemples de cette transformation. Les sociétés sont conditionnées par les technologies utilisées et au cours des siècles les sociétés se transforment avec ces nouvelles technologies. Les technologies ne sont pas détachées de la politique, car elles peuvent être utilisées dans la manière de gouverner. Theodore Roszak nomme de *Tecnocracy* les sociétés qui font appel aux technologies pour justifier leur modèle de gouvernement.

> « Technology has become the condition of cultural products and creativity. Not only do we think, sketch, communicate, produce, distribute and consume through technological products, but we are also defined by the limits that technology provides[340]. »

L'exploration des potentialités de la technologie devient de plus en plus importante dans notre vie sociale. L'homme explore les *affordances* de la technologie. Magnusson réfère que ce n'est pas seulement ce que la technologie fournit qui nous définit, mais également nos adaptations, évitements, subversions ou résistances à diverses formes technologiques. Il se base sur Heidegger pour conclure que « we have become so

---

[339] Pour une lecture plus approfondie sur ce sujet nous laissons le lecteur se appuyer sur la thèse de Thor Magnusson (Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools: The Phenomenology of Digital Musical Instruments*, thèse de doctorat, University of Sussex, 2009 (chapitre 2).)

[340] *Ibid.*, p. 48.

framed in technology that it has become the *physis* of our environment, embodying our practices, ideas and values[341]. »

Il est donc clair que les outils numériques construits dans une société sont son reflet et la technologie musicale n'est pas une exception. George Lewis commente la relation entre la technologie et la société à propos de la réalisation de son logiciel *Voyager* :

> « notions about the nature and function of music become embedded into the structure of software-based musical systems and compositions, interactions with these systems tend to reveal characteristics of the community of thought and culture that produced them[342]. »

Dans la technologie musicale, plusieurs tâches du quotidien du musicien sont remplacées par de petites applications sur les téléphones portables. Nous pouvons voir comment les musiciens l'utilisent pour les différentes tâches. Les guitaristes s'accordent avec leur *smartphone* sans avoir besoin d'écouter les battements entre les cordes. Il peut l'accorder avec le bruit du public. Toutefois, elle conditionne la façon de créer la musique. Nous avons évoqué la norme MIDI et l'importance donnée au système tonal, nous pouvons aussi voir comment l'enregistrement (et maintenant l'internet) a changé l'apprentissage de la musique, par exemple dans le jazz. Aussi, les logiciels, qui sont créés pour un style particulier, tel que les *loopers*. D'ailleurs il est un aspect que certaines institutions prennent en compte. Daniel Teruggi, directeur du GRM, lors d'un cours[343] sur les logiciels du GRM montrait ses doutes dans la distribution d'un logiciel qui selon lui allait provoquer une utilisation massive par les compositeurs.

---

[341] *Ibid.*, p. 49.

[342] George E. LEWIS, « Too Many Notes: Computers, Complexity and Culture in Voyager », *Leonardo Music Journal*, 1 décembre 2000, vol. 10, pp. 33-39, p. 33.

[343] Cours dans le máster de « Création musical avec moyens informatiques » (*Créació musical amb mitjans informatics*) à l'ESMUC en 2008.

4.2 Le temps réel et le temps différé

Bien que nous ayons actuellement une myriade de possibilités pour la création numérique, cela était disponible pour la création musicale depuis les années 1950[344]. Pourtant, à cette période l'improvisation musicale numérique ne pouvait pas encore être considérée pour plusieurs raisons. Premièrement, l'immédiateté nécessaire pour improviser ne pouvait pas être obtenue avec le temps de traitement informatique des machines de l'époque. Les utilisateurs effectuaient d'abord les calculs et postérieurement ils accédaient aux machines pour copier ces calculs dans les logiciels. Ensuite il fallait compiler le code et espérer qu'il n'y avait pas d'erreurs, sinon il fallait recommencer la procédure. Cela prenait énormément de temps comme attestent les récits des compositeurs de cette époque[345]. Deuxièmement, ils nécessitaient des connaissances informatiques et l'accès aux rares studios dédiés, deux particularités que très peu de compositeurs possédaient.

L'immédiateté, dans le langage des systèmes d'information, a été nommée temps réel. François Dechelle montre l'utilisation de la nomenclature : « Le terme temps réel sert à décrire toute activité de traitement de l'information ou tout système ayant à répondre à des stimuli d'entrée générés extérieurement dans un retard fini et spécifiable[346]. » La notion de « temps réel » et celle d'improvisation sont souvent associées et mises ensemble. Nous lisons dans la littérature des expressions comme « l'art du temps réel[347] » ou comme « composition en temps réel[348] ». Effectivement, l'improvisation musicale nécessite le « temps réel », car la boucle de rétroalimentation action-perception est fondamentale pour cette pratique. Les actions réalisées à l'ordinateur

---

[344] Certes, les instruments électroniques et analogiques existants à l'époque permettaient l'improvisation musicale, mais nous verrons ensuite que le mélange entre l'électronique et le numérique s'opère plus tard.

[345] Voir par exemple Tod MACHOVER et Giuseppe di GIUGNO, « Entretien avec Giuseppe di Giugno », *in Quoi ? Quand ? Comment ? La recherche musicale*, Paris, IRCAM/Christian Bourgois, pp. 185–196, p. 187 Curtis ROADS, « L'art de l'articulation : la musique électroacoustique d'Horacio Vaggione », *in* Makis SOLOMOS (dir.), *Espaces composables – essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris, pp. 69–88, p. 69.

[346] François DÉCHELLE, « JMax: un environnement de programmation pour l'interactivité et le temps réel », *in* Hugues VINET et François DELALANDE (dir.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, HERMES Science Publications, pp. 85-94. Cette immédiateté, retard fini et quantifiable est appelé de temps latence : « délai entre la sortie d'information et l'entrée de données » *in* Karim BARKATI, *Entre temps réel et temps différé : pratiques, techniques et enjeux de l'informatique dans la musique contemporaine*, thèse de doctorat, Université Paris 8, 2009, p. 24.

[347] Dario RUDY, « Musique improvisée et technologies numériques. Quelles questions, quels problèmes ? », *op. cit.*

[348] Maurice CLÉMENT, « L'improvisation ou : Vivre la musique dans son immédiate », *op. cit.*

doivent avoir être perçues immédiatement pour que le musicien puisse agir en accord avec le résultat sonore. Vaggione montre l'importance de l'immédiateté de l'écoute lors de l'acte de composition dans le travail de production musicale. Nous pouvons faire le parallèle avec la production musicale improvisée. Vaggione dit que :

> « afin de produire de la musique, un acte d'audition est nécessaire, qu'il s'agisse de l'audition "intérieur" (la situation d'écriture silencieuse) de la composition instrumentale pure ou de l'audition "concrète" de la composition musicale électroacoustique. Ces situations impliquent des variants (il en existe plusieurs autres) d'une boucle de feedback action/perception, qui peut être définie comme une instance de validation propre aux processus musicaux[349]. »

Le temps réel[350] numérique en musique arrive dans les années 1970. Le souhait du temps réel dans les systèmes informatiques venait depuis quelque temps, car le rendu des systèmes électroniques a toujours été immédiat. Rappelons par exemple, John Cage qui commence à la fin des années 1930 à utiliser des platines pour la composition (*Imaginary Landscapes* nº1). Des groupes de musique utilisant des instruments électroniques existaient depuis les années 1960 avec les groupes *Sonic Arts Union, Nuova Consonanza, Musica Electronica Viva*. Pensons aux différentes machines que les musiciens utilisaient pour créer le son (p. ex. le synthétiseur, platine, etc.). Cet appétit pour les nouvelles sonorités prises de la technologie peut être bien illustré par le commentaire de Laliberté :

> « Les compositeurs électroacoustiques ont rapidement débordé les cadres théoriques, encore balbutiants, il faut le dire, et les frontières officielles pour s'approprier de formidables outils d'exploration musicale. Une fois la mutation d'écoute opérée, tout outil, tout objet devient utilisable dans une démarche expérimentale vivante. Ces compositeurs vont ainsi faire un usage passionnant d'objets détournés de leurs fonctions. Par exemple, les ondes Martenot ou le trautonium deviendront des oscillateurs flexibles dans un genre particulier de synthétiseur analogique tandis que certains compositeurs tenteront de "jouer" des fragments de bande magnétique à la main devant des têtes de lecture de magnétophones. Les DJ et "scratcheurs" des années 80-90, avec leur usage détourné du tourne-disque procèderont de manière analogue[351]. »

À partir de 1967, Max Mathews et Richard Moore commencent à développer le projet

---

[349] Horacio VAGGIONE, « Some Ontological Remarks about Music Composition Processes », *op. cit.*, p. 59,60.

[350] Terme emprunté aux systèmes informatiques et industriels dans les années 1960. Pour une description détaillé des origines du temps réel et l'« appropriation » du terme par la musique voir Karim BARKATI, *Entre temps réel et temps différé*, *op. cit.*

[351] Martin LALIBERTÉ, « Problématique générale des outils dans l'histoire de l'électroacoustique », *op. cit.*, p. 39.

GROOVE (*Generated Real-time Operation On Voltage-controlled Equipment*) sur la gestion en temps réel des paramètres de contrôle du son. L'objectif de ce projet était la manipulation numérique des synthétiseurs analogiques. Dans les années qui se suivent, les chercheurs se sont investis dans les systèmes en temps réel et avec ceci réaliser la synthèse sonore. Il y avait l'ambition des musiciens de manipuler le son numériquement en temps réel, ce qui habituellement s'effectuait dans un travail en différé dans le studio. Les systèmes numériques permettant le temps réel arrivent finalement à la fin des années 1970. Deux systèmes sont à signaler : le *SYstème digital Temps Réel* (*Syter*) – développé par le GRM ; le *4X* et le *SIM* de Giuseppe di Giugno et Eric Lindmann respectivement – développés à l'Ircam. Le *Syter* était innovateur, car il possédait des interfaces graphiques pour la visualisation des paramètres sonores et par l'accessibilité du logiciel. Au GRM l'indépendance du compositeur était importante et ils voulaient un système où le compositeur n'avait pas besoin d'apprendre à programmer. Le système de l'Ircam 4X, plus puissant et compliqué que celui du GRM, a été utilisé pour les pièces *Repons* de Pierre Boulez ou *Sonus ex machina* de Philippe Manoury. À l'Ircam la philosophie était différente : le compositeur se concentrait dans la composition et les idées musicales et il était toujours accompagné par un ingénieur qui mettait en œuvre ses idées.

À la fin des années 1980, Miller Puckette crée le logiciel *Max*, un langage de programmation graphique pour la manipulation de données en temps réel. Il permet la communication et le traitement de données avec la norme MIDI entre plusieurs périphériques. En 1997, David Zicarelli ajoute la partie *MSP* (*Max Signal Processing*) pour la manipulation en temps réel de l'audio de manière numérique sans avoir besoin d'un module extérieur de production sonore.

Le temps réel, apporté par les nouveaux systèmes numériques, permet de s'approcher à la musique instrumentale. Jusqu'à ce moment, la musique faite avec les systèmes numériques restait figée après son enregistrement. Le temps réel donne au musicien le contrôle des opérations musicales à réaliser dans le temps de la performance. Risset parle de cet aspect : « Le temps réel réintroduit l'interprète dans la musique électroacoustique : il ouvre de nouvelles possibilités d'interactivité, mais il ne facilite

pas nécessairement les opérations de composition[352]. » Dans les années 1978, les premières pièces interactives avec l'ordinateur sont composées et dans la même année la pièce *Solo* de Joel Chadabe est composée interactivement. Il utilise deux antennes Thérémine pour contrôler avec les gestes les paramètres compositionnels du synthétiseur numérique auquel les Thérémines étaient connectés.

La possibilité d'agir sur le son numériquement signifie avoir accès à tous ses paramètres et pouvoir les manipuler en temps réel. Or, dans cette temporalité il est impossible de travailler toutes les dimensions du son. Par conséquent, le musicien manipule certains paramètres du son en temps réel en faisant abstraction de tous les autres. Par exemple, dans l'interprétation de la musique acousmatique, la spatialisation est le seul paramètre à interpréter. Nous verrons dans la troisième partie de cette thèse que dans notre approche de lutherie, nous donnons à l'utilisateur l'accès à tous les paramètres du son pour sa manipulation.

4.3 L'improvisation musicale mixte

Dans notre pratique de l'improvisation, nous sommes intéressés dans l'interaction du musicien avec son instrument numérique où ceci est le moyen de production sonore, mais aussi dans l'interaction entre le musicien, son instrument numérique et les instruments acoustiques. Notre expérience d'improvisation dans les ensembles *Unmapped* et *Electrologues* a été possible grâce aux différentes évolutions technologiques dont nous avons parlé dans les paragraphes précédents. Dans ce paragraphe nous allons voir brièvement les évolutions qui ont donné lieu à cette relation entre les moyens électroacoustiques et les instruments numériques. Premièrement, prenons la définition de musique mixte donnée par Vincent Tiffon :

> « c'est une musique de concert qui associe des instruments de musique d'origine acoustique et des sons d'origine électronique, ces derniers produits en temps réel – lors du concert – ou fixés sur support électronique et projetés via des haut-parleurs au moment du concert.[353] »

---

[352] Jean-Claude RISSET, « Évolution des outils de création sonore », *op. cit.*, p. 17.

[353] Vincent TIFFON, « Les musiques mixtes : entre pérennité et obsolescence », *Musurgia*, 2005, vol. 12, nº 3, pp. 23-45, p. 23.

Il faudra bien sûr ajouter la voix humaine aux instruments de musique. Tiffon divise les musiques mixtes selon la temporalité de réalisation de l'électronique : en temps différé, en temps réel et le mélange entre les deux. Dans notre travail nous sommes intéressés aux musiques mixtes qui permettent le temps réel de l'improvisation. Le traitement électronique est réalisé en direct dans la performance pour répondre à toutes les situations que l'improvisation puisse couvrir.

Au début de l'ère électrique, l'introduction des nouveaux outils sur la scène pour la production musicale n'a pas eu un grand impact dans la création sonore. Nicolas Collins nous dit que ces premiers instruments électroniques (p. ex. le Thérémine, le Trautonium) n'ont pas eu un intérêt particulier par le public. Les instruments ont été utilisés principalement pour l'interprétation de la musique déjà existante, malgré le répertoire composé pour ces instruments. Ce n'est qu'avec l'arrivée de l'orgue Hammond que les instruments électroniques sont acceptés par les masses « by making inroads into broadly popular, rather than elitist, genres – it might be electronic, but it was a workhorse equally adept at playing Hindemith, hymns, polkas and jazz[354]. »

La première utilisation de l'électronique en temps réel et instruments acoustiques est souvent attribuée à la pièce de John Cage de 1939 pour piano, cymbale chinoise et deux platines avec vitesse variable[355]. Avant cela, nous pourrions ajouter l'opéra inachevé de George Antheil *Mr. Bloom and the Cyclops* de 1924 où les chœurs sont captés par des microphones et diffusés sur la scène. Antheil enregistre l'orchestre et ce enregistrement est diffusé en même temps que l'orchestre joue. Aussi en 1924, Ottorino Respighi utilise la diffusion de l'enregistrement d'un chant du rossignol dans sa pièce *Les Pins de Rome*[356]. En 1951, Pierre Schaeffer compose l'opéra concret *Orphée* pour voix de femme et musique concrète sur support et en 1952, Bruno Maderna compose *Musica su due dimensioni* pour flûte, piano et bande. Jusqu'à aujourd'hui, cette configuration des pièces pour bande et effectif instrumentale est utilisée par les compositeurs avec les évolutions technologiques dans le dispositif de reproduction de

---

[354] Nicolas COLLINS, « Live Electronic Music », *in* Nick COLLINS et Julio d'ESCRIVAN RINCÓN (dir.), *The Cambridge companion to electronic music*, 4th pr., Cambridge, Cambridge Univ. Press, Cambridge companions to music, pp. 38-55, p. 39.

[355] Au lieu des platines Cage aurait pu utiliser un Thérémine car les discs contenaient de sons sinusoïdaux de test.

[356] Pour une liste plus complète et détaillé de l'utilisation des technologies dans la musique voir Jérôme JOY, *Introduction à une histoire de la télémusique*, http://joy.nujus.net/2010_JOY_HistoireTelemusique_fr.pdf, consult? le 21 janvier 2017.

la partie électronique et sa diffusion. Tiffon affirme que cette configuration est une manière de préserver la continuité des œuvres, car une fois inscrit sur des supports pérennes, l'œuvre résiste à l'obsolescence. Toutefois, les actions de l'instrumentiste sur l'électronique dans ces pièces ne sont pas présentes. La bande a changé le paradigme de la musique avec les moyens électroniques, mais exclut toujours la performance[357]. Collins commente que les racines de cette musique « lay in the film tradition of pre-scripted editing and montage, rather than in live performance[358]. Tape Music embodied a kind of high Modernist desire for extending composerly control and independence. But, beginning in the late 1930s quirky composers began using electronic tools to exploit serendipity on the stage as well[359]. » Collins évoque l'envie des musiciens pour chercher cette imprévisibilité dans l'électronique que l'instrument peut donner dans son exploration (voir la citation de Parker page 48).

La musique mixte avec le traitement en temps réel, cependant, arrive plus tard. Stockhausen modifie le son instrumental en temps réel dans sa pièce *Mikrophonie I* (1964). Il utilise deux filtres passe-bande pour manipuler le son des Tam Tam en temps réel. Dans *Mikrophonie II* (1965), un orgue Hammond commande la modulation en anneau qu'il utilise pour modifier en temps réel douze voix. Plusieurs compositeurs ont utilisé depuis le traitement en temps réel dans leurs compositions.[360] L'utilisation du temps réel par ce compositeur va influencer plusieurs musiciens qui ont travaillé avec lui. Repérons Hugh Davies et Richard Orton, qui forment l'ensemble *Gentle Fire* ou Tim Souster et Roger Smalley qui fondent l'ensemble *Intermodulation*. Orton et Davies animaient des séances de musique expérimentale à York et ils construisaient des instruments électroniques pour l'ensemble. Hugh Davies explique que cet ensemble a eu nombreuses collaborations et échanges dans plusieurs rencontres au cours des années avec des compositeurs et musiciens d'autres ensembles tels que ceux du *MEV* ou *AAM*. Ces ensembles et d'autres, tels que *Nuova consonanza* (Italie), *Sonic Arts Union* (États-Unis), *Taj Mahal Travellers* (Japon) dans les années 1960, ont beaucoup

---

[357] Dans le sens de production sonore et non pas comme interprétation, car dans ce cas il y a bien sûr l'interprétation à l'acousmonium.

[358] Nous supposons que Collins se référait à Geoffrey COX, « 'There Must Be a Poetry of Sound That None of Us Knows…': Early British documentary film and the prefiguring of musique concrète », *Organised Sound*, août 2017, vol. 22, nº 2, pp. 172-186.

[359] Nicolas COLLINS, « Live Electronic Music », *op. cit.*, p. 39.

[360] Une liste de pièces mixtes avec le type de électronique utilisée peut être consulte *in* Vincent TIFFON, « Les musiques mixtes », *op. cit.*, p. 40-44.

utilisé les moyens électroniques dans leur pratique artistique. Ces ensembles étaient dédiés à l'interprétation de compositions d'autres compositeurs parfois d'un autre de ces ensembles (p. ex. *Gentle Fire* fait la création de la pièce *Gentle Fire* d'Alvin Lucier de *Sonic Arts Union*). L'expérimentation et l'improvisation étaient également importantes mêlant les instruments acoustiques et les technologies en temps réel.

Nous pouvons voir l'évolution de l'utilisation du matériel électronique des synthétiseurs aux ordinateurs. Prenons l'exemple de *MEV* : dans la brochure du CD *Musica Elettronica Viva MEV40,* nous pouvons voir l'instrumentarium de chaque performance et nous remarquons son évolution technologique et l'association réalisée entre les instruments acoustiques et l'électronique. Dans les premières performances, les instrumentistes électroniques utilisent surtout des microphones de contact et des synthétiseurs. Lors de l'apparition des ordinateurs, ceux-ci commencent à être utilisés pour manipuler les autres sources sonores. Par exemple, Richard Teitelbaum a commencé par utiliser le micro-ordinateur *SYM1* qui connecté à son *Moog* pouvait transformer le son de ceci ; ensuite il a commencé à utiliser les ordinateurs et le logiciel *PCL* (*Patch control language*)[361] ; il a adopté ensuite le logiciel *Max/MSP* et postérieurement aussi *Ableton Live*. Teitelbaum, à partir de son expérience, montre que dans les premiers temps, avec les technologies existantes, « techniques of improvisation and indeterminacy were in many ways well fitted to the medium[362]». La technologie était instable et difficile à contrôler pour une composition fixe. Cette contingence était intéressante pour générer de l'imprévu dans une improvisation. Teitelbaum utilisait des logiciels avec des modules qui permettaient l'enregistrement et reproduction d'échantillons sonores ou la transformation du son. Lors de l'apparition de la norme MIDI, ils ont pu créer des modules d'interaction entre les différents instruments à vent et les synthétiseurs.

Un autre exemple de l'évolution des technologies électroniques vers le numérique est raconté par Pauline Oliveros, qui crée son système d'improvisation dans les années 1990 pour se libérer de la quantité d'éléments électroniques qui la gênait en performance. Elle explique : « I experienced a new kind of performance frustration -

---

[361] Richard TEITELBAUM, « The Digital Piano and the Patch Control Language System », *International Computer Music Conference Proceedings*, 1984, vol. 1984.

[362] Richard TEITELBAUM, « Improvisation, computers and the unconscious mind », *Contemporary Music Review*, 1 octobre 2006, vol. 25, nº 5-6, pp. 497-508.

how could I control multiple performance parameters spontaneously during improvisation when my hands and feet were too busy to access other controls? Interactive software is the answer for now, of course. »[363]

Le *Electro-Acoustic Ensemble* est un autre groupe dédié à l'improvisation avec les moyens technologiques qui mérite une référence par sa proximité avec les ensembles auxquels nous participons. Créé au début des années 1990, il est une extension électroacoustique du trio (déjà existant) composé par Evan Parker, Paul Lytton et Barry Guy. Cette extension signifie que chaque instrument acoustique est connecté dans un dispositif électroacoustique manipulé par un autre musicien. Dans cette configuration, le son de l'instrument de Parker serait manipulé par Walter Prati, celui de Guy par Philipp Wachsmann et Lytton par Marco Vecchi[364]. Le rôle des instrumentistes a changé avec l'intégration de Lawrence Casserley. Ce dernier était un instrumentiste numérique et réalisait le traitement du signal. Il a proposé de faire le traitement du signal de l'ensemble des instruments acoustiques ce qui impliquait la création d'un nouveau système de manipulation du son. Parker avait accepté ce système à la condition que le traitement des instruments ne soit pas similaire, mais que chaque traitement ait sa liberté d'action. Il a donc créé un système pour faire la manipulation du son des trois instrumentistes et le traitement du signal de Wachsmann aussi. Le producteur de l'ensemble, Steve Lake, témoigne du changement que ce système a provoqué dans l'ensemble :

> « With Casserley's arrival, the internal dynamics of the band changed completely. Lawrence redesigned the electronic rig for the Parker band, and on "Drawn Inward", it was possible for any of the processing musicians - up to four of them at a given moment - to take sound from any other player at any time. The whole "machine of the group", as Wachsmann called it, accelerated. Everything was more manoueverable, and also more complicated. And no one was faster than Casserley, drumming on the pads of his Signal Processing Workstation like a scientific congalero, on his way to becoming a bona fide soloist inside the ensemble[365]. »

Ce témoignage montre différents aspects que le numérique permet dans le traitement

---

[363] Pauline OLIVEROS, « Tripping On Wires: The Wireless Body: Who is Improvising? », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, septembre 2004, vol. 1, p. 5.

[364] Lawrence CASSERLEY, « Evan Parker Electro-Acoustic Ensemble », *Free RadiCCAls festival*, 2013, http://www.lcasserley.co.uk/EP-EAE-SL.html, consulté le 12 juillet 2019.

[365] Steve LAKE, « Evan Parker Electro-Acoustic Ensemble », *Free RadiCCAls festival, Centre for Contemporary Arts, Glasgow*, 2004, http://www.lcasserley.co.uk/EP-EAE-SL.html, consulté le 12 juillet 2019.

de l'audio. Nous voyons comme les systèmes numériques peuvent être flexibles dans ce changement de source sonore. Avec plusieurs sources sonores, il est possible de faire exister une quantité plus grande de strates et donc une densité sonore plus complexe. Finalement, nous pouvons voir comment une sorte de virtuosité est possible dans le traitement en temps réel des instruments acoustiques.

Le changement des appareils électroniques à l'ordinateur, et surtout à l'ordinateur portable, enlève de la scène non seulement la quantité de matériel à manipuler devant un public, mais cela a aussi un impact sur la différente posture de l'instrumentiste face au public. Dans le prochain paragraphe, nous allons analyser les problématiques de l'utilisation des instruments électroniques et surtout numériques dans la performance improvisée.

4.4 Les nouvelles technologies sur scène

Dans l'utilisation des nouvelles technologies sur scène pour la création musicale, nous pouvons analyser la performativité d'un point de vue de la réception du public et d'un autre point de vue de la création par les musiciens et luthiers.

Du point de vue de l'appréciation par le public, une des critiques plus communes faites aux performances avec les ordinateurs est le manque de connexion entre ce que l'auditeur voit et ce qu'il entend. Robert Gluck commente cela :

> « The idiosyncratic nature of new instruments represents both a strength and a weakness. It is a positive feature in that the only limitation on instrument design becomes the human imagination. It is a limitation in that the emotional power music is at least in part due to audience expectations of the connection between performer gesture and what is heard[366]. »

Cesar Villavicencio dit qu'« il y a une absence de relation entre le son et le geste[367]. » Thor Magnusson[368] cite le travail de Molnar-Szakacs et Overy sur la perception

---

[366] Robert GLUCK, « Live Electronic Music Performance: Innovations and Opportunities », *Tav+,. Music, Arts, Society magazine*, 2007.

[367] Cesar VILLAVICENCIO, *The Discourse of Free Improvisation*, *op. cit.*

[368] Istvan MOLNAR-SZAKACS et Katie OVERY, « Music and Mirror Neurons: from Motion to 'E'motion », *Social cognitive and affective neuroscience*, décembre 2006, vol. 1, nº 3, pp. 235-241 cité par Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools*, *op. cit.*, p. 37.

musicale où les auteurs montrent le rôle des neurones miroirs dans l'appréhension de la performance musicale. Il y a une expérience perceptive désincarnée lors d'une performance où le musicien joue derrière un ordinateur et sa souris. La tradition des musiques instrumentales occupe un espace très important dans l'imaginaire du public, pourtant l'absence visuelle du geste instrumental existe aussi dans ces concerts.

Ici, nous allons faire un parallèle entre le cas des instruments numériques et notre instrument de formation : l'orgue. Dans les églises, il arrive souvent que l'emplacement de la console de l'instrument empêche que l'organiste soit visible. Les orgues et les musiciens se situent fréquemment dans le jubé et normalement, lors des concerts, le public porte son regard vers l'autel. Cette écoute presque acousmatique (souvent, nous ne pouvons voir que les tubes de l'orgue, mais nous reconnaissons l'instrument !) se réalise pourtant depuis plusieurs siècles[369]. Similairement à la pratique de l'orgue, est-ce qu'un siècle de musique électronique, concrète, acousmatique n'ont pas créé une tradition d'écoute d'un public habitué à ces dispositifs... Hunt et Wanderley commentent cette comparaison avec l'orgue :

> « Those of us who design electronic instruments, and are sometimes faced with unfavourable comparisons to acoustic instruments, should perhaps take comfort in this particular comparison. If such a widespread and refined instrument as the church organ is popular, despite the fact that it deviates wildly from the control methods of most other acoustic instruments, then there must be a place per se for novel electronic instruments in society[370]. »

Michel Chion parle de la *synchresis* (synchronisme + synthèse), à propos des effets sonores utilisés dans le cinéma, pour expliquer qu'il n'y a pas une difficulté perceptive entre l'utilisation des sons et la cause physique perçue. Il explique que ce qu'il faut assurer c'est la synchronie entre l'action, le geste et la production sonore. Par exemple, le déclenchement d'un échantillon sonore de plusieurs secondes par la frappe d'une baguette sur une percussion MIDI atténue cette synchronie. William Brent conclut que la : « synchresis is inversely proportional to the time scale of musical sound events.

---

[369] Nous remarquons que plusieurs chercheurs font la même analogie avec l'orgue pour justifier les critiques pointés à la performance et au geste instrumentale. William Brent utilise presque la même phrase que nous avons employé : « Strictly speaking, the keyboards of both organs and laptop computers offer rows of buttons that are either active or not. Yet the pipe organ's status as a musical instrument was never challenged to the same degree as the laptop's. » *in* William BRENT, « Aspects of Gesture in Digital Musical Instrument Design », *International Computer Music Conference Proceedings*, 2011, pp. 429-437, p. 429.

[370] Andy HUNT et Marcelo M. WANDERLEY, « Mapping performer parameters to synthesis engines », *Organised Sound*, août 2002, vol. 7, nº 2, pp. 97-108.

When trying to establish a desired level of action-sound association, the extreme flexibility offered by AC-DMIs [alternative controllers (voir paragraphe 4.5.4.1.1)] can become a disadvantage[371]. » Une autre critique fréquemment faite aux performances à l'ordinateur : la relation entre la densité sonore et le geste de l'instrumentiste. Cette densité peut être établie dans l'axe du temps ou par la composition du spectre.

Un geste électroacoustique court peut correspondre à la production d'un son d'une longue durée. Concernant la composition du spectre, la masse sonore peut s'avérer difficile à associer au geste, car un simple geste peut donner l'origine à des sons très complexes. En même temps, l'intensité du geste peut différer de l'amplitude attendue. Encore une fois, dans ce cas, nous pouvons comparer la musique d'orgue et la musique réalisée à l'ordinateur : une multitude de registres / sons peuvent être joués par la simple action d'une touche du clavier / bouton[372]. Autrement dit, de grands changements sonores peuvent être réalisés par l'activation simple des moyens de contrôle, sans avoir nécessairement un changement équivalent dans les actions du musicien (dans le cas de l'orgue, ceci est réalisé à travers des accouplements, registres et *presets*).

Une dernière similitude entre l'orgue et les contrôleurs numériques se trouve dans la relation entre la source du son et ses moyens de contrôle : les deux types d'instruments possèdent un moteur sonore avec sa source énergétique et séparément une interface de contrôle qui permet d'activer la génération du son et le choix de type de sonorités. D'ailleurs, dans plusieurs textes, l'orgue est indiqué comme l'exception dans les théories sur le geste comme nous allons voir plus tard.

Dans la relation entre l'instrumentiste et son instrumentarium d'improvisation, nous pouvons voir que de l'utilisation des appareils électroniques à l'utilisation de l'ordinateur il y a eu un « déplacement sensoriel ». Evelyn Gayou explique le changement de la posture de travail des compositeurs à propos de l'évolution des grands *mainframes* à l'ordinateur personnel. Gayou identifie deux différences : la position debout devant les instruments vers la position assise, statique et la présence de l'écran

---

[371] William BRENT, « Aspects of Gesture in Digital Musical Instrument Design », *op. cit.*, p. 431.

[372] Dans ce cas, souvent la rétroaction de l'instrument est comprise par l'instrumentiste lors que différents claviers sont accouplés car le poids des touches augmente, car il correspond au poids de la même note/touche dans plusieurs claviers.

qui déplace l'activité sensorielle vers la vision. Nous ajoutons aussi la réduction de l'instrumentarium[373] au seul ordinateur. Pour cela, Gayou parle de la « mort du geste[374] ». La position debout dont parle Gayou est déjà évidente, mais aussi la réduction des différents appareils électroniques, et donc la mobilité pour les manipuler. Nous observons un changement vers un seul ordinateur où le regard de l'artiste reste fixe dans l'écran. Par contre si l'écran disparaît, il peut parfois améliorer la performance. Nous avons vu comme cette réduction a soulagé la performance de Pauline Oliveros. Nous verrons plus tard (paragraphe 5.2.6.3) l'utilisation des moyens numériques par Olavo Vianna, qui souhaite précisément enlever l'ordinateur de son instrument.

La *laptop performance* pâtit des problèmes identifiés. La posture classique de ce type de performance est le musicien assis devant l'ordinateur[375] : l'instrumentiste est concentré sur l'écran qui lui donne la rétroalimentation visuelle de ses actions musicales. Pour ces raisons, les musiciens et les luthiers cherchent d'une part à répondre aux envies d'un public habitué aux formats traditionnels de la musique occidentale ; et d'autre part à rendre les actions musicales plus performatives. Les petits changements, comme l'investissement de l'instrumentiste avec son corps pour la réalisation sonore, changent la perception de la performance.

Pour Michel Pascal les instruments numériques utilisant le temps réel ont été une manière de s'approcher du jeu instrumental. Il explique :

> « Le live electronics tente de créer des nouveaux outils performants d'interprétation, travaillant avant tout dans le temps réel d'une présentation beaucoup plus traditionnelle du concert que le concert acousmatique. Il s'agit de donner la plus grande importance à la performance de l'instrumentiste, de susciter cette qualité extrêmement particulière d'émotion, d'échange que n'existe qu'avec le musicien face au public[376]. »

---

[373] Martin Laliberté commente cet aspet : « Il est d'usage courant de compenser les faiblesses individuelles des composantes du matériel électroacoustique par une multiplicité d'instruments. Il est possible de créer des résultats musicaux convaincants en utilisant des combinaisons d'instruments limités individuellement. » *in* Martin LALIBERTÉ, « Orchestration, mixité et pianisme dans Saturne d'Hugues Dufourt », *Cahiers du Cirem*, 1995, vol. 35–36, pp. 85-110, p. 2.

[374] Evelyne GAYOU, *Le GRM, Groupe de recherches musicales : cinquante ans d'histoire*, Paris, Fayard, Les chemins de la musique, 2007, p. 385.

[375] La position débout ou assis dans la performance est variable. La nécessité d'avoir une table pour placer les instruments, souvent basse, implique devoir être assis ou être courbé pour attraper et manipuler les objets. Voici un exemple lors d'un concert d'*Unmapped* de la position classique de la *laptop performance* : https://youtu.be/CdNhxPebrhE

[376] Michel PASCAL, « Le Studio Instrumental : les données d'une virtuosité à l'intérieur même du son », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, pp. 157-168, p. 158.

Pour les performeurs, la possibilité de doter le processus sonore d'une expressivité gestuelle est aussi importante : la synthèse sonore, la spatialisation, les transformations sonores, et tous les paramètres musicaux peuvent être contrôlés à partir d'un dispositif gestuel. Dans l'improvisation (collective), le geste est le moyen de communication entre les musiciens. La compréhension du geste de chaque musicien est très importante pour le suivi des idées musicales en développement. Ce geste n'est pas seulement instrumental, mais aussi porté d'informations musicales comme nous avons vu à propos de l'interaction entre les instrumentistes (paragraphe 2.3.1). Pour Michel Waisvisz, cela se traduit dans le procès décisionnel qui peut être transmis au public :

> « 'Listening to' the composer/performer's decision-making process as merged with his/her physical movements will become a crucial part of the audience's musical experience. This is how one can dig the music[377]. »

La compréhension de ce procès de décision dans la performance avec les ordinateurs est aussi réalisée d'autres manières. Au lieu du geste instrumental, les musiciens partagent par la projection en vidéo leur écran ou la manipulation des instruments numériques. Cette pratique est commune dans les concerts de *live-coding*. Le bémol est que le public doit comprendre le langage de programmation pour saisir la relation entre le code et le son.

Une autre manière de s'approcher de la performance instrumentale est l'utilisation des instruments acoustiques. L'introduction des instruments acoustiques dans les concerts de musique électroniques a été une solution rapide aux problèmes de la performativité. Selon Joel Chadabe, cela a été une façon de répondre à cette demande. Il commente : « Composers began to create pieces for tape and live instrumental musicians in order to make these performances more engaging. This strategy proved more satisfying for audiences, and it is still common in today's computer music[378]. »

---

[377] Michel WAISVISZ, « Riding the Sphinx — Lines about 'Live' », *Contemporary Music Review*, janvier 1999, vol. 18, nº 3, pp. 119-126, p. 123.

[378] Joel CHADABE, *Electric sound: the past and promise of electronic music*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1997, p. 68. Cité par Mark ZADEL et Gary SCAVONE, « Laptop performance », *op. cit.*, p. 2.

4.5 Les enjeux de la lutherie numérique

Dans la construction des instruments numériques, nous pouvons énumérer différentes disciplines articulant leur travail autour des technologies : la synthèse sonore, l'expérimentation acoustique des instruments, la construction de nouvelles interfaces pour l'expression musicale, l'ergonomie, etc. Aujourd'hui, l'apprentissage de l'informatique musicale est réalisé par différents moyens et accessible à tous[379]. Fred Frith commente cette disponibilité :

> « It really is possible for just about anyone to sit in front of a computer and make stuff, if you happen to live in a culture which has easy access to computers, and software, and education as to how to use them. And when you've made your stuff you can also disseminate it quite easily and beyond the control of large distribution networks. That's pretty cool[380]. »

Les musiciens ont donc les outils pour créer leurs propres instruments numériques. Au début de la lutherie numérique, Teruggi disait déjà que « le compositeur devient "constructeur" de sa propre musique. » Il commentait la difficulté de nommer ces nouveaux outils d'« instruments », car la production sonore était difficile vu « leur bas niveau de spécialisation[381] ». À présent, la problématique de la lutherie a changé, car il est possible de concevoir des outils pour presque chaque besoin des créateurs. Nous faisons écho au discours de Risset qui exprime cette ouverture dans la lutherie à propos de l'utilisation des logiciels *Music-n* :

> « Avec des logiciels bien définis et structurés comme les programmes Music-n, on peut envisager de construire pratiquement n'importe quelle structure sonore, en ajoutant au besoin un module supplémentaire mettant en œuvre un processus non envisagé antérieurement. On peut donc dire que les programmes Music-n tirent parti du caractère universel de l'ordinateur, et qu'ils mettent à la disposition de l'utilisateur une très grande variété d'outils de création sonore virtuels. Le problème est déplacé du matériel vers le logiciel, de la technologie vers le savoir-faire : la difficulté n'est plus la construction d'un outil, mais sa définition, sa conception, qui doivent tenir compte des

---

[379] Nous ne nous négligeons pas l'énorme quantité de tutoriels parmi les plateformes en ligne telles que *Youtube*. Quelques institutions publient des vidéos éducatives pour apprendre ou initier le public à certaines problématiques. Par exemple les développeurs de *Cycling74* réalisent et publient sur cette plateforme des vidéos avec différentes problématiques de la programmation pour tout type de public (débutant, expert, etc.)

[380] Gabriel FEHRENBACH, « Twilight music », *op. cit.*

[381] Daniel TERUGGI, « L'interactivité dans les processus de création sonore et musicale », *in* François DELALANDE et Hugues VINET (dir.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, Paris, HERMES Science Publications, pp. 185-193, p. 185.

caractéristiques de la perception et des impératifs du propos musical[382]. »

Il est donc important de bien comprendre le propos musical, les nouvelles sonorités recherchées, pour définir les caractéristiques de l'instrument à créer. L'innovation musicale n'est plus juste le résultat d'inventions technologiques, mais surtout des façons créatives d'utilisation (et de programmation) de ces outils. Citons Sergi Jordà pour faire la transition vers le prochain paragraphe. Il nous dit que ces nouveaux propos musicaux sont une conséquence de nouvelles techniques soient-elles compositionnelles ou instrumentales. Les nouveaux instruments engendrent « new ways of thinking to the player, as well as new ways of establishing relationships, new ways of interacting, new ways of organizing time and textures. In short new ways of playing new musics[383]. »

4.5.1 À la recherche de nouveaux instruments pour une nouvelle musique

Les nouvelles technologies à chaque époque sont une des sources de recherche pour ouvrir la palette de possibilités créatives souhaitées par les compositeurs. Les musiciens explorent les *affordances* de la technologie pour en retirer de nouvelles sonorités. Un des objectifs des nouvelles lutheries numériques est d'introduire des nouveautés créatives pour que les compositeurs puissent développer non seulement de nouvelles sonorités, mais aussi de nouvelles techniques instrumentales, de nouvelles techniques compositionnelles. Jordà va plus loin et affirme :

> « They must also be especially careful about the instruments' conceptual capabilities, and consider how new instruments impose or suggest new ways of thinking to the player, as well as new ways of establishing relationships, new ways of interacting, new ways of organizing time and textures. In short new ways of playing new musics[384]. »

Selon cet auteur, c'est cette capacité de réussir à apporter des nouveautés à la musique qui accorde à l'instrument une place dans le plan musical actuel où la musique du passé est le canon[385]. L'histoire de la musique montre l'énorme quantité de nouveaux

---

[382] Jean-Claude RISSET, « Évolution des outils de création sonore », *op. cit.*, p. 24.

[383] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, Universitat Pompeu Fabra, 2005.

[384] *Ibid.*, p. 8, 9.

[385] António Pinho Vargas décrit le canonne de la musique européenne où des règles et limites sont établis pour aboutir à un ordre musical. Nous pouvons inclure les instruments de musique dans ce canonne pour perpétuer l'exécution des œuvres de ce canonne. Michel Waisvisz commente cela : « The symphony orchestra for a while became a metaphor of a well organised, stable, society. The instruments all had their place and the instrumentalists had specific roles in that organisation. » et montre comment les instruments numériques peuvent émerger : « Society

instruments qui n'arrivent pas à répondre aux objectifs énumérés. En ce qui concerne les instruments acoustiques, Boulez dit qu'il y a une « paralysie de la facture instrumentale due à la domination de la musique du passé[386] ». La lutherie numérique peut contribuer à donner les outils qui contrebalancent cette absence d'évolution dans la lutherie acoustique. Nous pouvons remarquer que la lutherie numérique est très fertile et une grande quantité d'instruments nouveaux naissent tous les ans (voir paragraphe 4.9).

Les luthiers actuels ont les moyens pour créer tous les instruments issus de leur imagination grâce aux nouvelles plateformes et aux communautés de luthiers *DIY*[387]. Toutefois, la disponibilité commerciale des composants pour la création est un facteur à prendre en compte, car les interfaces disponibles sont généralement dirigées vers une musique à forte rentabilité économique et donc vers le développement d'un type spécifique de musique. Une analyse des interfaces existantes dans le marché montre que des choix commerciaux ont été faits par l'industrie qui, en privilégiant une certaine configuration physique des instruments, conditionne le développement de nouvelles musiques. Wanderley donne un exemple du manque de diversité dans la fabrication des dispositifs de contrôle et l'envie de changement de la part de la communauté :

> « The industry made a few attempts at providing new musical controllers, notably wind controllers. But these were still much inspired by the functioning of existing acoustic instruments. In commercial terms, these controllers were not as successful as their keyboard counterparts, probably because by then those potential clients were no longer interested in simulating existing acoustic instruments. Rather they were most likely interested in creating new types of instruments that required forms of control not fully achievable with devices that merely mimicked standard instruments[388]. »

Dans les années 1980-1990, l'utilisation prédominante du format de clavier du piano

---

is not that stable anymore and definitely not organised as the symphony orchestra still is. » *in* Michel WAISVISZ, « Gestural round table », *STEIM Writings,* p. 7. Pour une description plus détaillé du propos de Pinho Vargas voir (en portugais) António Pinho VARGAS, « A ausência da música portuguesa no contexto europeu: Uma investigação em curso », *Revista Crítica de Ciências Sociais*, octobre 2007, nº 78, pp. 47-69.

[386] Bernard SÈVE, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, Paris, Seuil, L'Ordre philosophique, 2013.

[387] « Le mouvement *Do It Yourself* (DIY) constitue une réaction esthétique à un raffinement excessif et élitiste des formes établies dans les Beaux-Arts et dans la musique de concert. Cela peut aussi être compris comme une position éthique, comme une critique à la consommation massive et la soumission de l'individu à un système social bureaucratique et ségrégatif : chaque individu pourrait acquérir les compétences nécessaires pour exécuter les tâches auxquelles il se propose au lieu de faire appel à des spécialistes. » (notre traduction) *in* Fernando IAZZETA, « Performance na música experimental », *Actas do Performa'11 - Encontros de investigação em performance*, 2011, pp. 1-11, p. 7.

[388] Eduardo Reck MIRANDA et Marcelo M. WANDERLEY, *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*, Madison, Wis, A-R, Computer Music and Digital Audio Series, 2006, nº 21, p. xix.

était un problème pour tous les musiciens voulant s'initier à l'utilisation des technologies de la musique et donc des contrôleurs, mais qui n'avaient pas une pratique experte du clavier. L'évolution des outils technologiques et l'apparition des logiciels pour la synthèse ont donné aux musiciens et luthiers l'envie et la possibilité de créer leurs propres instruments. L'expertise des musiciens peut donc être exploitée dans de nouveaux instruments, en créant des instruments où le geste du musicien, déjà acquis, est mis en avant.

Ces dernières années, les lutheries numériques ont connu une grosse évolution suivant plusieurs facteurs :

- la puissance de l'ordinateur et ses périphériques,
- les différents types et formats de processeurs (souvent avec des unités audio incluses telles que *Raspberry pi* ou *bela.io*) ;
- les normes de communication entre dispositifs et la réduction de la taille de ceux-ci.

Nonobstant, la possibilité de construire de nouveaux instruments n'est pas une condition suffisante pour faire émerger une variété et une originalité dans création musicale. En 2001, après une analyse des pièces reçues dans le concours de composition de *Ars Electronica*[389]*,* Bob Ostertag, commente l'état de stase de la musique réalisée avec l'ordinateur :

> « In fact, after listening to the 287 pieces submitted to Ars Electronica, I would venture to say that the pieces created with today's cutting edge technology (spectral resynthesis, sophisticated phase vocoding schemes, and so on) have an even greater uniformity of sound among them than the pieces done on MIDI modules available in any music store serving the popular music market[390]. »

Il faudra se poser alors la question de la pertinence de créer un nouvel instrument s'il n'existe pas de nouveaux propos musicaux associés. Le musicien doit se demander si pour lui, il est plus intéressant d'adapter un instrument déjà créé ou s'aventurer dans la lutherie numérique. Nous allons analyser différents cas parmi lesquels ces nouveaux appareils sont utilisés pour la création musicale, et nous verrons donc comment ils sont utilisés pour créer une musique adaptée aux esthétiques des musiciens.

---

[389] « Ars Electronica », *Ars Electronica*, https://ars.electronica.art/, consulté le 28 juillet 2019.

[390] Bob OSTERTAG, « Why Computer Music Sucks », *Texts on Improvised and Experimental Music*, 2001, vol. 5, nº 1 §12.

4.5.2 L'instrument de musique comme extension du musicien

La cognition musicale a été abordée dans le paragrahe 2.3.1 pour montrer comment l'individu inséré dans un environnement développe sa créativité par l'interaction avec les différents éléments du système. Nous avons vu qu'il y a toujours une interaction réciproque entre les actants, pour reprendre la notion de Latour. L'instrument musical est toujours en interaction avec l'individu qui le manipule. Dans cet échange, les objets extérieurs à l'humain sont couplés à lui pour étendre ses capacités cognitives. Nous revenons sur les notions d'enaction et de cognition étendue pour comprendre la relation entre le musicien et l'instrument musical numérique. Les études menées sur l'enaction et le numérique diffèrent dans les constituants de l'instrument que le chercheur privilégie. Garcia-Reyes[391] utilise la théorie de l'enaction pour montrer comment le compositeur, dans son interaction avec les outils numériques, fait émerger la créativité qui lui permet d'orienter les décisions compositionnelles à chaque moment. L'activité du compositeur permet d'enacter le son par la boucle action-perception. Ce couplage entre le musicien et l'ordinateur est possible grâce à l'arrivée du temps réel. Pour Garcia-Reyes, l'avantage de l'utilisation de l'ordinateur est que, contrairement aux instruments acoustiques, la représentation symbolique sur laquelle s'appuie l'ordinateur peut être modifiée, les outils peuvent être reprogrammés. Par conséquent, les interactions entre le musicien et l'ordinateur évoluent. Magnusson privilégie aussi la représentation symbolique de l'instrument. Pour lui, même avec une interface gestuelle, l'interaction entre le musicien et l'instrument est toujours réalisée au niveau du logiciel et du code dans le lien instrumental. Il dit :

> « Here digital instruments pose a difficulty. They do, of course, provide mapped couplings between bodily gesture and resulting sound, and what we might call virtual embodiment […], but their nature is essentially symbolic. Although we interact in an embodied manner with the computer (moving our mouse in a 2D space, touching screens or swinging Wiimotes) the interaction always takes place through symbolic channels of varied bandwidths. The interaction is primarily with words, menus, icons, graphical representations and not physical mechanisms[392]. »

À l'inverse, l'équipe d'ACROE (Association pour la Création et la Recherche sur les Outils d'Expression) pense l'instrument numérique de la même manière que les

---

[391] Juan Rodrigo GARCIA REYES, *L'énaction et l'art sonore numérique*, *op. cit.*

[392] Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools*, *op. cit.*, p. 143.

instruments acoustiques. Dans leur cas, la technologie sert à reproduire l'instrumentalité existant dans les instruments acoustiques de façon à ce que le couplage instrumental se réalise de manière analogue. La relation de l'individu avec l'instrument assume donc toute son importance. Sidney Fels[393] décrit quatre types d'interaction entre l'individu et un objet : l'individu communique avec l'objet dans un dialogue, il incarne l'objet, l'objet communique avec l'individu ; l'objet incarne la personne. Nous sommes intéressés dans les deux premiers cas qui représentent la relation entre le musicien et son instrument. Dans le premier cas, il s'agit d'une première phase où le musicien explore les *affordances* de l'instrument. L'exécution continue de ce premier type, c'est-à-dire, avec l'entraînement et la répétition l'individu incorpore l'instrument. Fels explique cette deuxième relation :

> « Persons have integrated the object and its behavior into their own sense of self. The object becomes part of them; it becomes an extension of their own bodies and mind. […] In this type of interaction, the emotional response comes from the control of the instrument rather than the result it- self. The pleasure is in the doing, not the achieving[394]. »

Notre développement numérique est plus proche des deux premiers auteurs. Dans notre instrument numérique, nous ne cherchons pas un couplage instrumental comme ceux des instruments acoustiques, mais nous cherchons l'instrumentalité dans la manipulation des paramètres, c'est-à-dire dans le *mapping*. Notre interface explore la possibilité des changements symboliques que le numérique permet comme indique Garcia-Reyes. Le geste instrumental est différent selon l'effet utilisé. Nous développerons ces aspects dans la troisième partie de ce texte.

Toutefois, toutes ces approches sont d'accord sur la transparence de l'instrument. Pour que l'instrumentiste se concentre sur la musique, il doit oublier l'instrument. La transparence de l'instrument aide à l'expression musicale et cela est réussi avec l'intimité que le musicien a avec son instrument. Il doit dépasser toutes les difficultés techniques pour qu'il puisse exécuter précisément ce qu'il a pensé réaliser. En d'autres termes, l'instrument doit être incorporé pour le musicien qui le manipule sans devoir réfléchir à tous les aspects nécessaires à la création du son désiré. La théorie de l'esprit

---

[393] Sidney FELS, « Designing for Intimacy: Creating New Interfaces for Musical Expression », *Proceedings of the IEEE*, 1 mai 2004, vol. 92, pp. 672-685, p. 674.

[394] *Ibid.*, p. 675.

étendu d'Andy Clark peut nous aider à comprendre la relation entre l'instrument et le musicien.

> « [In certain conditions, t]he human organism is linked with an external entity in a two-way interaction, creating a coupled system that can be seen as a cognitive system in its own right. All the components in the system play an active causal role, and they jointly govern behavior in the same sort of way that cognition usually does. If we remove the external component the system's behavioral competence will drop, just as it would if we removed part of its brain. Our thesis is that this sort of coupled process counts equally well as a cognitive process, whether or not it is wholly in the head[395]. »

L'entraînement avec l'instrument, les actions perceptivement guidées de l'individu font dépasser progressivement les différentes difficultés techniques. Un couplage avec l'instrument est réalisé pour que son incorporation se mette en place. La musique a lieu lors de ce couplage. « As a player learns an instrument, he becomes more intimate with it. The ultimate goal in the process is for the player to have a high degree of intimacy such that he embodies the instrument[396]. » Dans le processus d'interactions qui caractérise ce couplage, l'individu intègre en continu les nouvelles possibilités qui se présentent. Van der Schyff et coll. présentent cela dans le cas de l'improvisation : « the interplay between sounds and movement does not begin "in the head" but unfolds as the act of improvising reveals new creative horizons for musical sounds and related motor possibilities to be explored[397]. » Pour que ce dévoilement ait lieu, le projet de l'instrument numérique doit être créé pour que le musicien puisse le découvrir et l'explorer en développant cette relation d'intimité. Fels le confirme :

> « When a person has a high degree of intimacy with a device, she can communicate ideas and emotions effectively through the device as if it were an extension of herself. Intimacy deals with the perceived match between the behavior of a device and the operation of that device. For a musician to be expressive with her instrument, it is critical for her to have a high degree of control intimacy[398]. »

Magnusson utilise la notion de boîte noire employée par Bruno Latour pour expliquer que dans le processus d'utilisation répétée de l'instrument et de son incorporation, l'origine de l'instrument disparaît. Nous avons vu comment la technologie est absorbée

---

[395] Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools*, *op. cit.*, p. 170.171.

[396] Sidney FELS, « Designing for intimacy », *op. cit.*, p. 672.

[397] Dylan VAN DER SCHYFF, Andrea SCHIAVIO, Ashley WALTON, Valerio VELARDO et Anthony CHEMERO, « Musical creativity and the embodied mind », *op. cit.*, p. 5, 6.

[398] Sidney FELS, « Designing for intimacy », *op. cit.*, p. 675, 676.

par la société qui l'utilise comme des boîtes noires, où les utilisateurs ne se soucient plus des implications sociales ou politiques de ces objets. Dans le cas de l'utilisation des instruments numériques, l'instrumentiste n'a pas besoin de connaître tous les détails de construction des périphériques ou l'implémentation des logiciels pour pouvoir interagir avec cela.

4.5.3 Interaction et interactivité

Dans le premier chapitre, nous avons parlé de l'interaction des constituants du système complexe et nous avons abordé les effets de l'interaction du système avec les instruments musicaux. Dans ce paragraphe, nous nous concentrons sur le design des interactions entre l'humain et l'instrument. La discipline de l'informatique *Interactions-personne-machine* est dédiée à l'étude des différentes caractéristiques que les outils doivent posséder pour que l'utilisateur puisse avoir une expérience satisfaisante dans son interaction avec la machine. La recherche dans la lutherie numérique peut être considérée comme une branche spécifique de cette discipline. L'utilisateur a le contrôle de l'outil en utilisant son corps pour l'interaction avec l'instrument. En informatique, l'interaction est définie comme « a process of communication or information transfer from the user to the computer and from the computer to the user. The user starts an interactive process to achieve a given task[399]. » En musique, cette communication est réalisée par les gestes de l'instrumentiste captés par l'instrument numérique servant à déclencher le son ou à manipuler des paramètres sonores. Wanderley répertorie[400] les différents types d'interaction avec les ordinateurs pour arriver à celle dont nous parlons ici. Cette relation entre les deux éléments peut être comprise comme : « expert interaction by means of the use of input devices to control real-time sound synthesis software[401]. »

L'interaction d'un musicien avec son instrument consiste dans l'exploration des *affordances* de ce dernier, à travers la boucle de rétroalimentation action-perception qui

---

[399] Marcelo M. WANDERLEY et Nicola ORIO, « Evaluation of Input Devices for Musical Expression: Borrowing Tools from HCI », *Computer Music Journal*, 2002, vol. 26, nº 3, pp. 62-76, p. 63.

[400] Pour une liste d'autres interactions musicales avec l'ordinateur, cf. Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music*, *op. cit.*, p. 2.

[401] *Ibid.*, p. 3.

comprend la manipulation de l'objet et le résultat sonore. Rappelons que cette boucle n'est pas isolée, mais fait partie du système qui « interfère » dans la perception et qui guide les actions suivantes. De même, les processus de régulation du système se poursuivent, car sans ceux-ci il ne peut pas continuer à réaliser l'interaction pour atteindre ses objectifs. De cette boucle, nous soulevons une autre caractéristique importante dans le design de l'interaction entre les deux éléments : la boucle de rétroalimentation (*feedback loop).* Elle est définie comme « a process of an entity communicating with itself while checking with either an internal or external regulatory system[402]. » Cette rétroalimentation peut être primaire ou secondaire : la première correspond à l'information visuelle, auditive ou tactile ; la deuxième est le son produit par l'instrument. Elle est aussi classée comme passive et/ou active où le premier est donné par les caractéristiques physiques du système et le deuxième est la réponse du système à l'action de l'utilisateur (voir Figure 7 plus avant).

4.5.4 Vers une définition de l'instrument numérique

Les nouveaux outils et appareils électriques, électroniques et digitaux utilisés pour la création musicale demandent une redéfinition ou une justification du maintien des concepts établis pendant longtemps. Par exemple, l'éloignement du corps de l'instrumentiste à la production du son ou le type de sonorités générées par ces nouveaux outils génèrent des critiques sur l'utilisation des définitions générales d'instrument de musique. Le musicologue Hervé Lacombe donne la définition suivante : « un instrument de musique est un objet (au sens large) servant à produire du son pour faire de la musique, que cet objet soit construit pour cette destination précise ou qu'il soit détourné[403]. » Si cette définition nous semble englober la musique réalisée avec la technologie, il la refuse ensuite : « Mais le studio électronique, le synthétiseur, l'ordinateur qui vont permettre ce travail sont-ils des instruments, au sens traditionnel ? Je ne le pense pas. On pourrait soutenir, de façon un peu provocatrice, que ce n'est plus de la musique, mais un autre art[404]. » *(ibid*. §65)

---

[402] Joshua NOBLE, *Programming Interactivity*, O'Reilly Media, 2009, p. 5.

[403] Hervé LACOMBE, « L'instrument de musique : identité et potentiel », *Methodos. Savoirs et textes*, 31 mars 2011, nº 11 §10.

[404] Il est d'ailleurs la même position prise par Bernard Sève dans son livre comme nous verrons plus tard. (cf.

Une définition générale d'instrument de musique s'avère donc difficile à fixer comme le montre Martin Laliberté[405]. Les définitions présentées par les chercheurs sont souvent ciblées sur une pratique et/ou à une culture et ne répondent pas à toutes les situations musicales que nous pouvons appréhender surtout avec les instruments électroniques et numériques existants aujourd'hui. Jordà[406] commente aussi que dans les lutheries actuelles la définition d'instrument est aussi souvent focalisée sur la partie qui est développée par le luthier (voir ci-dessous les composants de l'instrument). Par exemple, Thor Magnusson définit volontairement l'instrument numérique comme « a theoretical construction where all knowledge of its properties, as a sound or pattern generating tool, has to be consciously and symbolically inscribed into the instrument in the form of written code[407] ». La question de la composition de l'instrument le mène à donner plus d'importance au moteur sonore et au code : « This leads to the definition of the instrument as primarily a combination of a sound engine and a *mapping* layer where the gestural interface is of secondary importance ». *(ibid.* p. 223)

Une définition générale d'instrument de musique englobant les instruments numériques nous est donnée par Bruno Bossis :

> « Un instrument de musique ne peut être considéré comme tel que s'il comprend la chaîne complète du geste à l'émission sonore ou au moins à un signal électrique analogue à cette émission. […] Un ordinateur n'en est pas un, mais s'il est muni d'une entrée son ou d'une interface gestuelle, d'un logiciel de synthèse ou de traitement, alors l'ensemble du dispositif peut être considéré comme un instrument de musique[408]. »

Bossis dans sa définition nous montre déjà que le musicien avec ses actions (le geste) manipule une interface pour commander un moteur sonore (logiciel de synthèse ou traitement numérique) pour être projeté dans un espace. Il faudra ajouter à cette définition l'unité qui permet la traduction et l'envoie des données d'un élément à l'autre. Les instruments musicaux numériques sont donc composés d'un moteur sonore, d'une interface gestuelle et de cette unité abstraite pour faire la connexion entre les données des deux unités, souvent appelée lien instrumental (*mapping*). Le moteur

---

paragraphe 4.7)

[405] Martin LALIBERTÉ, « À la recherche du nouvel instrument », *op. cit.*

[406] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, *op. cit.*, p. 6, 7.

[407] Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools*, *op. cit.*, p. 166.

[408] Bruno BOSSIS, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », *in* Sophie STÉVANCE (dir.), *Composer au XXIe siècle: pratiques, philosophies, langages et analyses*, Paris, Vrin, Musicologies, pp. 119-135, p. 120.

sonore est créé avec un logiciel dans un ordinateur (avec ses composants : carte son, clavier, souris, moniteur, etc.), muni d'une unité de *DSP* (*digital sound processing*). Chaque élément devrait aussi comporter un module pour envoyer une rétroalimentation à l'instrumentiste. Pour le moteur sonore il s'agit du système de diffusion. Le schéma d'un instrument numérique peut être observé dans la Figure 7. Du point de vue de l'instrumentiste, ces trois segments se résument à un seul, mais il est important de souligner que chaque unité isolée ne compose pas l'instrument. C'est dans l'interaction entre ces trois éléments que l'instrument musical numérique émerge.

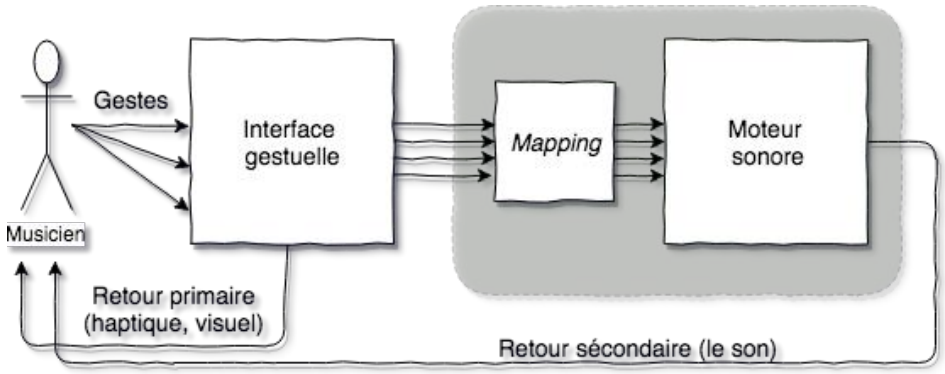


Figure 7 – Structure habituelle d'un instrument musical numérique[409]

Nous regroupons le moteur sonore et le *mapping* dans le carré gris, car ils sont habituellement réalisés dans l'unité de calcul du système. Nous verrons dans l'analyse de notre instrument numérique que la structure présentée dans la Figure 7 varie selon le module et paramètre. Le *mapping* peut être réalisé dans l'ordinateur ou dans l'interface gestuelle, car celle-ci possède aussi une unité de calcul.

Ainsi, à partir de la connaissance de type d'interaction et des types de logiciels adaptés aux besoins pour lequel sera créé l'instrument, nous pouvons voir le type d'instrument qui s'adapte le mieux. Villavicencio donne la typologie d'instruments numériques selon Richard Barret :

> « Active Instrument: The performer causes the musical events. Nothing happens unless the performer does something. This is the closest to an instrumental gesture-musical function relationship.
>
> Re-active Instrument: The performer is intervening in an ongoing stream of events

[409] Schéma inspiré de la structure type d'un instrument proposé par Marcelo M. WANDERLEY et Philippe DEPALLE, « Contrôle gestuel de la synthèse sonore », *in Interfaces homme-machine et création musicale*, Hermès Science, pp. 145-164, p. 146.

rather than producing those events. The range of real time processing is restricted to transforming sound coming from an instrument or that stream of events might be built inside the computer program itself. Ex: Djing.

Passive Instrument: Using the computer to playback sounds having only the possibility of controlling the levels through the mixing table. »[410]

L'instrument comme un élément important du système complexe d'improvisation peut être disséqué pour comprendre les interactions entre l'instrumentiste et l'ensemble des *affordances* que l'instrument propose. L'instrument pour pouvoir répondre aux différentes interactions et faire partie du système doit répondre à certaines caractéristiques du temps réel qu'Andy et Kirk énumèrent[411] :

- There is no fixed ordering to the human-computer dialogue.
- The human takes control of the situation. The computer is reactive.
- There is no single permitted set of options (e.g. choices from a menu) but rather a series of continuous controls.
- There is an instant response to the user's movements.
- Similar movements produce similar results.
- The overall control of the system (under the direction of the human operator) is the main goal, rather than the ordered transfer of information.
- The control mechanism is a physical and multi-parametric device which must be learnt by the user until the actions become automatic.
- Further practice develops increased control intimacy and thus competence of operation.
- The human operator, once familiar with the system, is free to perform other cognitive activities whilst operating the system (e.g. talking while driving a car).

Nous allons analyser chaque composant de l'instrument numérique pour comprendre les options que nous avons prises dans la construction de notre instrument numérique présenté dans la dernière partie de ce texte.

---

[410] Cesar VILLAVICENCIO, *The Discourse of Free Improvisation*, *op. cit.*, p. 73. À noter que l'improvisation musicale peut se réaliser avec le premier cas type d'instrument. Le deuxième type est dédié à ce qui est appelée habituellement de « interactive composition ». Cette distinction est facilement compréhensible à partir de sa définition : « Interactive composition is different from typical instrumental improvisation in that an improviser specifies and performs data in reaction to another improviser, but here the composer specifies and performs control strategies rather than data...The difference between instrumental improvisation and control strategy interaction is, then, primarily that of one's position in a control hierarchy, but it is true that in both cases the performer must act and react in realtime. » *in* Arne EIGENFELDT, « Real-time Composition or Computer Improvisation? A composer's search for intelligent tools in interactive computer music », *Proceedings EMS – De Montfort/Leicester*, 2007, p. 3.

[411] Andy HUNT et R KIRK, « Mapping Strategies for Musical Performance », *in* Marc BATTIER et Marcelo M. WANDERLEY (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, p. 232.

4.5.4.1 L'interface gestuelle

Il s'agit de l'élément de l'instrument avec lequel le musicien interagit. Il est responsable de la traduction des actions de l'instrumentiste dans des valeurs compréhensibles par la machine et de leur envoi à l'interface de *mapping*. Plusieurs dénominations sont proposées pour cet élément de l'instrument : contrôleur gestuel (*gestural controller*), dispositif de saisie (*input device*), surface de contrôle.

Une définition nous est donnée par Mulder :

> « A control surface it consists of sensors for human movement capture, actuators for tactile as well as force feedback yielding a haptic representation and last but not least a visual representation. The control surface outputs data that represents the movements and gestures, which data is turned into sound variations after processing[412]. »

La capture des gestes est importante pour la traduction de l'interaction avec l'instrument. Depalle et Wanderley proposent une classification selon le processus de captation du geste. Ainsi, les gestes peuvent être récupérés de deux manières : *directement* avec l'utilisation de capteurs qui récoltent des données sur le mouvement de l'instrumentiste ; *indirectement* lorsque les données sont prises à partir des paramètres du son. Dans ce cas, le geste est récupéré à partir du signal audio d'un instrument. Un troisième mode est proposé par l'acquisition du signal physiologique de l'instrumentiste, par exemple l'activité cérébrale ou la tension musculaire.

Depuis l'apparition de la norme MIDI qui permet la communication entre une interface gestuelle et un moteur sonore, une multitude d'interfaces gestuelles ont été construites. Des caractéristiques de ces interfaces permettent la catégorisation de ces contrôleurs. La classification de Wanderley et Miranda[413] est très souvent utilisée pour grouper les différents types d'interfaces ou contrôleurs gestuels selon leur proximité avec les instruments acoustiques :

- Contrôleurs imitatifs (*instrument-like controllers*)
- Contrôleurs gestuels inspirés en instruments (*instrument-inspired gestural controllers*)
- Instruments augmentés : des instruments augmentés par l'utilisation des capteurs

---

[412] Axel MULDER, « Towards a Choice of Gestural Constraints for Instrumental Performers », *in* Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou.

[413] Eduardo Reck MIRANDA et Marcelo M. WANDERLEY, *New Digital Musical Instruments*, *op. cit.*

- Contrôleurs alternatifs (*alternate controllers*)

Les premiers contrôleurs sont ceux qui reproduisent toutes les caractéristiques des instruments acoustiques. Avec la norme MIDI, beaucoup d'instruments de ce type ont été reproduits. Par exemple, les claviers, les violons, la guitare, etc. Ces interfaces ne peuvent pas avoir la même finesse dans la manipulation des données que les instruments acoustiques qu'ils imitent, mais permettent toutes sortes de contrôles et de manipulations dans le moteur sonore.

Ces contrôleurs peuvent être considérés comme une sous-catégorie du premier groupe, car ils se basent sur le dessin des instruments acoustiques, tout en modifiant quelques caractéristiques. Prenons pour exemple les ondes de Martenot, construit à partir d'un clavier.

Le troisième type de contrôleurs est réalisé par l'ajout de capteurs sur un instrument acoustique afin d'augmenter les possibilités de contrôle.

Ce sont les contrôleurs qui ne suivent le dessin d'aucun instrument établi. Pour ce dernier type de contrôleur, Axes Mulder fait une distinction entre :

- Contrôleurs tactiles (*touch controllers*) – l'instrumentiste doit toucher une surface de contrôle. Ces interfaces peuvent être mobiles ou fixes.
- Contrôleurs avec champ d'action élargi (*expanded range controllers*) – Ces contrôleurs peuvent nécessiter un contact physique, mais sous une forme limitée, ou ne peuvent pas exiger un contact physique, mais ont une gamme limitée de gestes effecteurs (*cf.* infra).
- Contrôleurs immersifs (*Immersive controllers*) — le performeur est tout le temps dans le champ de détection. Ceux-ci peuvent être encore caractérisés en : contrôleurs internes (*Internal controllers*), contrôleurs externes (*External controllers*) et contrôleurs symboliques (*Symbolic controllers*)[414].

4.5.4.1.1 Les contrôleurs alternatifs

Dans ce paragraphe, nous nous concentrons sur ceux que Wanderley et Miranda appellent *alternate controllers*, et plus précisément la sous-catégorie des contrôleurs tactiles, car la surface de contrôle que nous avons développée s'insère dans cette

[414] Axel MULDER, « Towards a Choice of Gestural Constraints for Instrumental Performers », *op. cit.*

famille. Quelques interfaces analysées dans ce texte ont leur place parmi d'autres catégories des *alternate controllers*. Lors de l'analyse de ces instruments, nous nous réfererons à cette taxonomie. Concernant la captation du geste, notre instrument est hybride. Le geste direct est obtenu par les capteurs de l'interface et en même temps, le signal audio de l'instrument acoustique est aussi utilisé pour contrôler les paramètres de notre moteur sonore. Cette deuxième option est employée pour la musique mixte. Les contrôleurs tactiles calculent la position des doigts et éventuellement la pression exercée sur la surface, ce qui permet un contrôle intuitif des procédés.

La création d'une interface qui diffère des autres instruments a des avantages et des inconvénients. La *tabula rasa* de son design permet d'adapter sa conception aux attributs de l'instrumentiste. La compatibilité entre l'instrument et son utilisateur est appelée de *control intimacy* par Richard Moore et est définie comme : « the match between the variety of musically desirable sounds produced and the psycho-physiological capabilities of a practiced performer[415]. » Toutefois, une compatibilité exacerbée à un seul instrumentiste peut rendre inadaptable à d'autres musiciens ; il y a aussi la question déjà évoquée, quand la relation geste-son biaise l'intérêt du public. L'instrument peut être dessiné pour échapper aux différentes contraintes telles que la culture, l'idiome[416].

4.5.4.1.2 Le geste instrumental avec les nouvelles technologies

L'homme crée des machines pour reproduire le geste humain et il cherche à automatiser les mouvements organiques pour optimiser leur exécution. L'homme crée de nouveaux dispositifs qui peuvent sans son intervention réaliser les mêmes tâches. Dans le domaine musical, nous pouvons citer le piano mécanique qui, à travers des cartes perforées, joue de la musique sans que l'homme n'ait d'action musicale sur le piano. Pourtant, il n'exécute aucun geste instrumental.

L'étude des gestes a été réalisée depuis le début de la lutherie numérique et une bibliographie assez vaste a été constituée (voir par exemple la bibliographie recueillie

---

[415] F MOORE, « The dysfunctions of MIDI », *Computer Music Journal*, 1 mars 1988, vol. 12. Cité de Axel MULDER, « Towards a Choice of Gestural Constraints for Instrumental Performers », *op. cit.*, p. 324.

[416] Nous avons vu avant que la technologie n'est pas neutre. Elle est toujours imprégnée de contraintes culturelles, politiques. C'est dans l'utilisation et l'habituation aux artefacts que ces questions entrent dans une « boîte noire ».

par Marcelo Wanderley[417]). Dans le design des nouveaux instruments musicaux, le geste est d'une importance cruciale. Plusieurs chercheurs se sont penchés sur ces questions pour comprendre le rôle et les implications du geste dans la conception de nouveaux instruments pour la musique. Jensenius montre l'utilisation du terme « geste[418] » comme un des plus utilisés dans les conférences NIME[419] ainsi que les termes (en anglais) *motion*, *action* et *mouvement*.

Nous allons nous concentrer sur la typologie du geste réalisé par Cadoz et Wanderley, mais d'autres typologies de geste concernant le mouvement corporel des performeurs existent aussi. De manière pragmatique, par geste nous nous référons aux actions produites sur un instrument par des musiciens expérimentés. Par exemple Jensenius propose quatre champs de mouvements relatifs à la musique : gestes de production du son, gestes facilitant la production du son, gestes accompagnateurs et gestes de communication. François Delalande[420], dans son analyse des gestes du pianiste Glenn Gould, propose une division du geste en trois parties : le geste effecteur, le geste accompagnateur et le geste figuratif.

- Le *geste effecteur* regroupe l'ensemble des mouvements effectués pour produire mécaniquement les sons.
- Le *geste accompagnateur* rend compte des mouvements qui engagent le corps dans son entier : geste des épaules, mimiques, etc.
- Les *gestes figuratifs* d'expression purement symbolique sont perçus par l'auditeur comme des articulations imprimant des balancements dans une mélodie.

Claude Cadoz considère le geste instrumental comme un sous-groupe de la typologie définie par Delalande, le geste effecteur qui englobe la manipulation instrumentale et la technique instrumentale. Cadoz donne donc sa définition :

> « Le geste instrumental est défini comme une modalité spécifique au canal gestuel,

---

[417] Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music*, *op. cit.* Le contenu du CD est disponible en ligne dans le site de Wanderley. Nous laissons le lien pour la bibliographie : http://www.music.mcgill.ca/~mwanderley/Trends/Trends_in_Gestural_Control_of_Music/DOS/BIB_GEN.pdf,

[418] Alexander Refsum JENSENIUS, « To gesture or Not? An Analysis of Terminology in NIME Proceedings 2001–2013 », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2014, London, United Kingdom, pp. 217–220.

[419] Depuis 2001, en se séparant des conférences Human Computer Interfaces (HCI), né le NIME (New Interfaces for Musical Expresssion), une conférence internationale dédiée aux nouveaux instruments numériques et aux enjeux de la lutherie numérique. Voir http://www.nime.org

[420] Rétiré de Marcelo M. WANDERLEY et Philippe DEPALLE, « Contrôle gestuel de la synthèse sonore », *op. cit.* : François DELALANDE, « Le geste, outil d'analyse : quelques enseignements d'une recherche sur la gestique de Glenn Gould », *La revue Analyse Musicale*, 1988, vol. 10, pp. 43-46.

complémentaire de geste à nu et caractérisé comme suit :

– Il est appliqué à un objet matériel et il existe une interaction physique avec elle ;

– Dans cette interaction physique, phénomènes spécifiques (physiques) sont produits, dont les formes et l'évolution dynamique peut être maîtrisé par le sujet ;

– Ces phénomènes peuvent alors devenir le support pour les messages communicationnels et/ou être la base pour la production d'une action matérielle[421]. »

Puis il divise le geste instrumental en trois types :

- gestes *d'excitation* (percussionel, continue ou entretenue)
- gestes de *modification* (structurelle ou paramétrique)
- gestes de *sélection* (séquentielle ou simultanée)

L'événement perceptible est le résultat du *geste d'excitation* exercé sur l'instrument. Ce type de geste a donc la fonction de produire et maintenir le son. Il est divisible aussi en deux types : *instantané* (le son commence quand le geste se termine) et *continue* (quand le geste et le son coexistent). À ces deux types de gestes d'excitation, Jensenius[422], ajoute le geste itératif. Le *geste de modification* est lié à la modification des propriétés de l'instrument sans que l'énergie ne soit transférée au son résultant. Ce geste introduit une dimension expressive, car elle affecte la relation entre le geste d'excitation et le son. Il divise ce geste en : *paramétrique* (ou continu), par exemple le vibrato ; *structurel*, par exemple l'insertion d'éléments dans l'instrument (*e.g.* une sourdine). Finalement, le *geste de sélection* est celui qui consiste à choisir parmi plusieurs éléments similaires d'un instrument. À ces trois types de gestes principaux, Cadoz ajoute les gestes de maintien, permettant de conserver le système dans un état propice à la production sonore.

Par ces explications, nous pouvons voir le geste instrumental résumé par Raphael de Vivo comme « les procédures qui conduisent à produire un son ou une succession de sons[423] », pouvant être appliqué aux nouveaux dispositifs mécaniques et numériques. La technologie actuelle et la possibilité d'acheter des composants à bas coûts, associées au *know how* que les communautés et associations nous fournissent (par exemple les

---

[421] Claude CADOZ et Marcelo M. WANDERLEY, « Gesture - Music », *in* Marcelo M. WANDERLEY (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, p. 79.

[422] Jensenius utilise une autre nomenclature pour ces deux gestes : "impulsive" et "sustained".

[423] Raphaël DE VIVO, « Avant-propos », *in* Raphaël DE VIVO et Hugues GENEVOIS (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, pp. 5-8, p. 5.

DIY ou les FabLab[424]), permettent une infinité de moyens pour créer ces outils. La prise de décision qui consiste à selectionner les gestes les plus intéressants dans la création des instruments est fondamentale. En effet, les instruments doivent être adaptés à la technique qu'un instrumentiste possède déjà, ou à ses préférences ou limitations (*e.g.* physiques). « Cette approche de la relation entre l'artiste et l'instrument devrait conduire à une plus grande liberté, pour l'interprète, de choisir et de développer un "vocabulaire" gestuel personnel et, si l'interprète peut déjà exprimer ces gestes habilement, il prendra un temps plus court pour une expertise musicale[425]. » Au contraire, il peut être demandé au musicien de faire du travail supplémentaire, ce qui se révèle inutile quand des aptitudes musicales sont déjà travaillées ou possédées par d'autres types de gestes. Dans le cas de l'appropriation des outils déjà existants, il est intéressant de voir si ceux-ci ont la possibilité de comprendre les gestes instrumentaux. À ce propos, Hugues Dufourt parle de l'optimisation des actions réalisées sur l'outil afin d'obtenir une meilleure performance. Pour lui : « comprendre et reproduire rationnellement le geste instrumental c'est éliminer les mouvements inutiles, définir une pluralité de fonctions, introduire des normes d'identité d'uniformité, de constance[426]. »

4.5.4.2 Le moteur sonore

Nous avons décrit les enjeux de lutherie pour l'interface gestuelle, mais pour faire exister cet instrument il est important de créer l'unité responsable de la production sonore. Pour cela, et avant tout, il est important de voir quel est le but recherché dans la création de l'instrument. Wanderley propose plusieurs types d'interactions entre l'homme et les machines :

- Manipulation instrumentale : interface gestuelle pour contrôler des paramètres

---

[424] Aussi par des initiatives des laboratoires universitaires tels que le *Input Devices and Music Interaction Laboratory* de la McGill University. Un site a été créé avec plusieurs tutoriels pour l'utilisation des outils pour la création des instruments numériques : https://sensorwiki.org/. Cascone parle de cela : « A non-academic composer can search the Internet for tutorials and papers on any given aspect of computer music to obtain a good, basic understanding of it. University computer music centers breed developers whose tools are shuttled around the Internet and used to develop new music outside the university. » *in* Kim CASCONE, « The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencies in Contemporary Computer Music », *Computer Music Journal*, 2000, vol. 24, nº 4, pp. 12-18, p. 12.

[425] Axel MULDER, « Towards a Choice of Gestural Constraints for Instrumental Performers », *op. cit.*, p. 32.

[426] Hugues DUFOURT, « Prolégomènes à la simulation du geste instrumental », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, pp. 9-18, p. 9.

musicaux en temps réel.
- Niveau macroscopique ou niveau de contrôle de séquences pré enregistré
- Projection des sons : spatialisation
- Installations multimédia
- Systèmes danse-musique
- Jeux vidéo

L'interface de contrôle transforme le geste en information numérique et l'envoie à l'ordinateur qui s'occupe de produire le son. L'ordinateur a besoin ainsi de logiciels capables d'interpréter l'information reçue et la transformer en musique. Duignam, Noble et Biddle proposent deux catégories de logiciels dédiés à cette tâche : « The software can be roughly divided into linear, timeline-oriented solutions and procedurally-oriented solutions, corresponding to the data-flow/control-flow distinction[427] » Elles sont définies de la façon suivante :

- Contrôle pour organisation chronologique (*Timeline-oriented Performance Control*)— « designs focus on linear pieces of audio and control data, such as sound clips or MIDI sequences. These are positioned in time, processed and overlaid to create entire pieces of music, as in standard sequencing software. The difference is that in a performance context, certain elements of the music are left to be controlled at runtime. » *(ibid*., p. 644, 645).
- Contrôle procédural (*Procedural Performance Control*) — « The other class of popular software performance instruments is dominated by procedural designs. That is, their interfaces concentrate on allowing the user to define procedures that generate and shape the output sequences and sound. [...] Pure Data and Max/MSP (Puckette 2002), or that of textual languages, as in *SuperCollider* (McCartney 1998) and ChucK (Wang and Cook 2004). » *(ibid*., p. 644, 645)

Dans ce texte, nous nous concentrons sur ce deuxième type de logiciel que nous utilisons et sur lequel se basent les analyses des instruments numériques que nous avons réalisées.

[427] Mark ZADEL et Gary SCAVONE, « Laptop performance: Techniques, tools, and a new interface design », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 2006, p. 643.

4.5.4.3 Le *mapping*

Une définition générale de ce constituant de l'instrument est présentée de la manière suivante : « The term '*mapping*' is used widely to indicate the mathematical process of relating the elements of one data set onto another[428]. »

Dans les instruments numériques, le moteur sonore est découplé de l'interface qui génère les données pour la production sonore. La mise en place d'un système de communication et traduction de ces données est donc nécessaire pour que les deux éléments puissent comprendre les messages échangés entre eux. Le *mapping*[429] est responsable de la connexion entre les données résultant de la manipulation des interfaces et les moteurs sonores. Les valeurs possibles captées de l'interface sont adaptées aux paramètres du son (ou autre selon le type de geste) dans le moteur sonore et de la même manière dans le sens inverse. L'importance de ce travail de correspondance dans ces deux dimensions est résumée par Jordà :

> « *Mapping* defines the personality of an instrument. It can make it more playable or impenetrable. Whatever decisions are made about *mappings* in an instrument, they result in what performers call the 'feel' of the instrument, its responsiveness and controllability, its consistency, continuity and coherence[430]. »

La traduction des valeurs des interfaces peut se réaliser de manières très différentes. Selon cette correspondance, l'expérience d'utilisation sera distincte et nous pouvons affirmer que l'instrument le sera également. Hunt et coll.[431] montrent cette importance du design de cette traduction des valeurs dans la conception de l'instrument, et comment l'expérience change avec un *mapping* différent. Par exemple, un potentiomètre d'un contrôleur MIDI pourra simplement définir les valeurs de l'amplitude sonore d'un synthétiseur : quand l'utilisateur monte le potentiomètre, l'amplitude augmente. Un autre exemple suivant la même configuration, le système pourra être défini pour que le son soit envoyé seulement s'il y a un mouvement dans le potentiomètre. Le potentiomètre définit l'amplitude du son et son mouvement sa

---

[428] Andy HUNT et Marcelo M. WANDERLEY, « Mapping performer parameters to synthesis engines », *op. cit.*

[429] En français le *mapping* est aussi appelé de lien instrumental (Cf. Marcelo M. WANDERLEY et Philippe DEPALLE, « Contrôle gestuel de la synthèse sonore », *op. cit.*, p. 13..

[430] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, *op. cit.*, p. 145.

[431] Andy HUNT, Marcelo M. WANDERLEY et Matthew PARADIS, « The Importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design », *Journal of New Music Research*, 1 décembre 2003, vol. 32, nº 4, pp. 429-440.

présence. Cet exemple montre que différents *mappings* résultent dans des expériences très différentes dans l'utilisation de l'instrument.

Rovan et al[432] considèrent les différents types de *mapping* suivants :

- *Mapping* direct : appelé aussi « un-à-un » *(one-to-one)* chaque geste est assigné à un paramètre musical. C'est le plus simple, mais généralement le moins expressif ;
- *Mapping* convergent : il s'agit du cas *many-to-one* où plusieurs valeurs d'entrée sont utilisées pour contrôler un seul paramètre. Il permet une plus grande expressivité, mais nécessite plus d'entraînement ;
- *Mapping* divergent : un seul geste contrôle plusieurs paramètres. Il peut donner plus d'expressivité, mais ne permet pas le détail dans les paramètres du son.

Un des problèmes résultant du premier cas est que l'ensemble des fonctionnalités de contrôleurs physiques (la dimension de sortie[433]) est normalement inférieur au nombre de paramètres sonores à faire correspondre. Les deux autres types de *mapping* sont plus proches du geste des instruments acoustiques. Par exemple, pour faire une note dans une flûte, l'instrumentiste doit exécuter plusieurs opérations : le souffle, les clés, etc. Pour cela, il est intuitivement plus intéressant d'utiliser ces types de *mapping* pour rendre l'interface gestuelle musicalement intéressante.

Différentes expériences d'utilisation d'interfaces avec ces types de *mapping* ont été testées par plusieurs auteurs[434]. Par exemple, le problème de la différence de dimension entre les deux ensembles peut être résolu avec la réduction du *mapping* dans différents niveaux. Le premier est l'« un-à-un » du contrôleur dans une interface intermédiaire qui représente des caractéristiques perceptuelles du son et ensuite un lien instrumental aux paramètres du son. Par exemple, un potentiomètre pourrait simplement augmenter la réverbération du son. L'interface intermédiaire devrait alors faire le changement des différents paramètres tels que les réflexions, la taille de la salle, etc. De ces expériences

---

[432] Joseph Butch ROVAN, Marcelo M. WANDERLEY, Shlomo DUBNOV et Philippe DEPALLE, « Instrumental Gestural Mapping Strategies as Expressivity Determinants in Computer Music Performance », *KANSEI - The Technology of Emotion*, octobre 1997, Genes, Italy, pp. 68-73, p. 69.

[433] « A dimension is a linear continuum. Its value is a scalar, the dimension's realization at an instant of time. Often a dimension is associated with a single scalar control, in which case we identify the values of the dimension and the control. » *in* Camille GOUDESEUNE, « Interpolated Mappings for Musical Instruments », *Organised Sound*, août 2002, vol. 7, p. 2.

[434] Voir Andy HUNT et R KIRK, « Mapping Strategies for Musical Performance », *op. cit.* ; Joseph Butch ROVAN, Marcelo M. WANDERLEY, Shlomo DUBNOV et Philippe DEPALLE, « Instrumental Gestural Mapping Strategies as Expressivity Determinants in Computer Music Performance », *op. cit.*Marcelo M. WANDERLEY, Norbert SCHNELL et Joseph BUTCH ROVAN, « ESCHER - Modeling and Performing Composed Instruments in Real-Time », *SMC'98 Conference Proceedings*, 11 novembre 1998, vol. 2, 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 1080-1084 vol.2., etc.

avec le *mapping*, il est possible de tirer quelques conclusions générales sur son importance :

- Les interfaces multiparamétriques améliorent l'expérience du contrôle en temps réel d'un instrument
- L'engagement des utilisateurs est plus grand quand le *mapping* est plus compliqué que le « un-à-un »
- L'adaptation des modes de jeu des instruments connus dans un nouvel instrument fonctionne de manière plus convaincante dans le cas de *mapping* convergent.

Les types de *mapping* dont nous avons parlé sont appelés aussi *mapping explicite* en opposition avec le *mapping implicite.* Dans ce dernier, il n'y a pas de correspondance entre deux ensembles de données, mais des algorithmes dynamiques qui prennent le geste et appliquent un modèle prédéfini. Pour illustrer, regardons les modèles de *machine learning* pour apprendre et adapter le geste au musicien[435], les réseaux neuronaux au *mapping* du moteur sonore en temps réel ou finalement l'utilisation des chaînes Markov pour comprendre le geste utilisé. Plusieurs exemples de ce type de *mapping* sont présentés par Hunt et Wanderley[436].

Cette tâche de relation entre les deux ensembles de données peut être lente et fastidieuse. Des intergiciels graphiques ont été créés pour réaliser les *mappings* tels que *Junxion* ou le *libmapper*[437]. Ils permettent de connecter à l'aide d'une interface le geste instrumental aux différents paramètres à traiter dans le moteur sonore.

Pour finir, il est important de comprendre que pour la maîtrise de l'instrument, les instrumentistes ont besoin de beaucoup de temps. Un instrument avec une marge d'apprentissage et d'expertise est un défi à sa maîtrise. Le musicien construit progressivement l'intimité avec l'instrument par sa découverte. Pour cela, les *mappings* complexes sont plus intéressants pour les instrumentistes qui se consacrent à l'apprentissage de l'instrument, car ils sont plus dynamiques que ceux où tout est totalement compréhensible au premier essai. Ce sera dans l'utilisation et l'évolution du geste et le son résultant que nous pourrons comprendre si le *mapping* est captivant.

---

[435] Hugo SCURTO, Frédéric BEVILACQUA et Jules FRANÇOISE, « Shaping and Exploring Interactive Motion-Sound Mappings Using Online Clustering Techniques », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2017, Copenhagen, Denmark, pp. 410–415.

[436] Andy HUNT et Marcelo M. WANDERLEY, « Mapping performer parameters to synthesis engines », *op. cit.*

[437] « JunXion | STEIM », http://steim.org/junxion/, consulté le 18 juin 2019 « Libmapper: a library for connecting things », http://libmapper.github.io/, consulté le 18 août 2019.

4.5.5 Le work in progress *dans la lutherie numérique*

Lorsque l'improvisateur est également le créateur de l'instrument, il vérifie les possibilités et les besoins du système au cours de l'improvisation et, par la suite, il retravaille son instrument pour atteindre les objectifs souhaités. Les instruments numériques sont rarement un objet fini. Ils changent selon l'évolution musicale du musicien ou éventuellement par les caractéristiques physiologiques de ceux-ci. Aussi, il doit être mis-à-jour et actualisé dans les technologies récentes au risque de ne pas pouvoir le remplacer en cas de faille. Sergi Jordà montre bien dans le propos (personnels) de sa thèse de doctorat sur la lutherie numérique ce travail itératif du luthier :

> « There is a complex interconnected relationship between the tasks of imagining, designing and crafting musical computers, performing and improvising with them, analyzing and further understanding the instrument and ourselves (the performers). This relationship can only be understood as a permanent work in progress. This approach inevitably leads to an infinite closed feedback loop. A long-term loop, which can, sometimes, bring birth to new instruments, hopefully 'better', at least in some aspects, than previous ones. A loop which sees new instruments grow and evolve, and in turn ideas and thoughts: it brings new ideas from time to time, and it makes existing ones evolve, often in contradictory ways. Generally, these evolutionary processes do not go at a constant speed. Such evolutionary processes are sometimes stuck with a flat tire or they pause at a comfortable place to rest and meditate deeper[438]. »

Nous pouvons corroborer cette dernière phrase par le témoignage de Michel Waiszis qui dans le développement de son instrument *The hands,* se force à ne pas actualiser son instrument à chaque innovation technologique. Il est aussi important de pouvoir développer son jeu instrumental avec un instrument figé pour un certain temps :

> « […] if you are in the position to be able to design and build your own instruments, and so many interesting technologies pop up almost weekly, you are tempted to change/improve your instrument all the time. This adds another conflict: you never get to master your instrument perfectly even though the instrument gets better (?) all the time. The only solution that worked for me is to freeze tech development for a period of sometimes nearly two years, and than exclusively compose, perform and explore/exploit its limits[439]. »

Ce travail est constant, un *work in progress* qui comprend des améliorations dans la

---

[438] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, *op. cit.*, p. 5.

[439] Michel WAISVISZ, « Gestural round table », *op. cit.*

structure de l'instrument, mais aussi dans la base de sons utilisée dans les cas où l'instrument utilise ces derniers comme source sonore. Les échantillons sont retravaillés ou une rénovation de la base de sons est effectuée selon les situations musicales[440].

4.5.6 Les instruments numériques entre évolution et évaluation

En début de chapitre, nous avons présenté rapidement le contexte historique dans l'évolution des technologies numériques qui ont rendu possible l'avènement des instruments musicaux numériques. L'évolution constante de la technologie est exacerbée par la rapidité dont les innovations sont présentées dans les nouveaux instruments numériques. La communauté NIME existe depuis 2001 et sa base de données représente presque 1500 articles autour du design des instruments numériques et technologies associées. Alexander Jensenius et Michael Lyons[441] prennent appui sur cette archive pour extrapoler des conclusions des conférences NIME des quinze dernières années. L'évolution de la lutherie numérique au cours de ces années est évidente. Les évolutions dans les interfaces peuvent être remarquées par : l'évolution de la technologie des capteurs ; la diminution du coût des microcontrôleurs, aussi plus rapides et faciles à utiliser ; la meilleure stabilité des protocoles de communication ; la plus grande complexité des stratégies de *mapping* ce qui les rend plus engageantes ; l'accessibilité à une meilleure information des luthiers concernant des théories plus fondées dans le design de nouvelles interfaces musicales.

D'autre part l'action corporelle (*embodiment*) dans l'utilisation des interfaces ainsi que les technologies de biodétection prennent de plus en plus de place comparée à l'utilisation des boutons et potentiomètres. La création collaborative se développe avec les instruments multi-instrumentistes, pour les orchestres, etc., et l'utilisation des instruments mobiles pour la création. Une autre caractéristique relevée de ces dernières années est la professionnalisation de la lutherie pour laquelle des stratégies sont mises en place pour l'utilisation et la pérennisation (du moins tentative) des instruments dans

---

[440] E.g. nous avons fait l'accompagnement musical d'un théâtre d'improvisation où une multitude de situations peuvent surgir. Pour cette occasion, nous avons dupliqué notre échantillonneur et donc le nombre d'échantillons.

[441] Alexander Refsum JENSENIUS et Michael J. LYONS, « Trends at NIME—Reflections on Editing « A NIME Reader » », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2016, Brisbane, Australia, 2220-4806, pp. 439–443.

le temps.

Pour conclure cette section sur la lutherie numérique nous nous appuyons sur les vingt-cinq points[442] présentés pour Jordà qui résument les enjeux de la lutherie numérique, afin qu'un nouvel instrument puisse avoir du succès dans le contexte musical de son époque. Nous signalons quelques nouveaux aspects que nous abordons au cours de cette thèse et que nous essayons d'appliquer dans notre instrument :

- Les nouveaux instruments obtiennent leur succès s'ils sont vraiment innovants, ce qui est original dans leur conception ;
- Il faut avoir conscience du travail similaire fait sur les instruments acoustiques (et ajoutons les instruments numériques) pour ne pas réaliser les mêmes éventuelles erreurs.
- Le *mapping* est important pour l'appréciation du jeu instrumental (voir paragraphe 4.5.4.3), car il est important de pouvoir progresser dans la maîtrise de l'instrument.
- Il est important de pouvoir profiter de la puissance de l'ordinateur pour qu'il réalise des tâches lourdes avec le parallélisme de computation. Il sera possible de concevoir des actions à différentes échelles temporelles (voir paragraphe 8.3). L'instrumentalité doit être conservée au même niveau que pour les instruments acoustiques !
- L'instrument doit permettre d'agir dur plusieurs dimensions pour créer une diversité sonore et créer des manières de pouvoir les contrôler simultanément. Cela ne veut pas dire que tous les modules seront toujours en activité, mais qu'ils ont le potentiel d'être activés.
- Des instruments avec une large palette de possibilités nécessitent une interface gestuelle qui comporte ces dimensions.
- L'interface doit présenter l'état du système en intégrant le contrôle et la représentation des paramètres.

Jordà énumère les lignes générales pour la construction des instruments, mais une évaluation des instruments déjà conçus pourra être pertinente avant d'entreprendre la lutherie. Quelques auteurs proposent des méthodes d'évaluation des composants de l'instrument. Par exemple, Wanderley se base sur la méthode d'évaluation de Card et Mackinlay pour analyser les interfaces gestuelles. Dans la Figure 8, l'auteur présente le tableau d'évaluation pour les interfaces gestuelles qu'il a utilisé et analysé.

---

[442] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, *op. cit.*, p. 410.

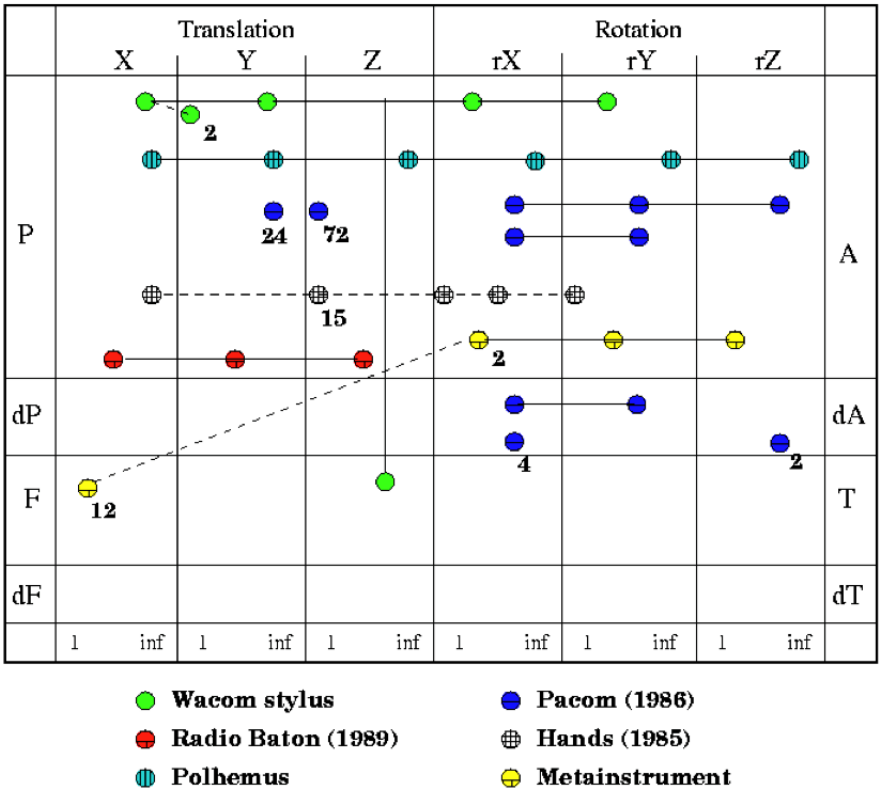


Figure 8 – Évaluation des interfaces gestuelles[443]

Dans ce système d'évaluation, les dimensions de mouvement et de force sont indiquées comme les variables. Le système présente aussi les dérivées de ces variables. Sur l'axe Y, il indique les valeurs du plus discret au plus continu. Par exemple, le contrôleur *Wacom* avec son stylo obtient des valeurs pour les dimensions X et Y et la pression du stylo sur le pad tactile donne la dimension Z. La rotation du stylo permet d'avoir les valeurs de cette dimension dans les axes X et Y.

Martin Laliberté propose aussi une grille d'analyse des instruments numériques dont les critères utilisés sont les qualités et les ouvertures de l'instrument. Concernant le premier point, il évalue l'instrument selon sa : *sensibilité*[444]*, plasticité, personnalité, rationalité et accessibilité*[445]. Concernant les ouvertures, il décline la variable selon les

---

[443] Image réalisé par Marcelo M. WANDERLEY, *Interaction musicien - instrument : application au contrôle gestuel de la synthèse sonore*, thèse de doctorat, Paris 6, 2001. retiré de Jean-Michel COUTURIER, *Utilisation avancée d'interfaces graphiques dans le contrôle gestuel de processus sonores*, thèse de doctorat, Aix-Marseille 2, 2004, p. 37.

[444] Ce critère est relatif à la transparence de l'instrument qui est en relation avec la capacité de l'individu l'incorporer dans ses actions. Magnusson montre cette relation : « transparency calls *transparency relations* or rather *embodiment relations* with the world. The better the tool, the more transparency there is. The agent "feels" the instrument or the machine, which becomes an extension of the agent's embodiment. » (italiques de Magnusson) *in* Thor MAGNUSSON, *Epistemic Tools*, *op. cit.*, p. 87.

[445] Martin LALIBERTÉ, « À la recherche du nouvel instrument », *op. cit.*, p. 153, 154.

domaines *hauteurs-temps, sonore, conceptuel* et finalement *technique et matériel.* Lors de notre analyse sur les instruments numériques dans le Chapitre 5, nous développons ces mêmes critères d'évaluation.

4.6 D'autres approches dans l'improvisation avec la technologie

La technologie permet d'expérimenter de nouvelles formes d'improvisation. L'utilisation de nouveaux instruments ouvre déjà la palette de nouvelles interactions dans la performance, mais nous pouvons observer de nouvelles manières d'improviser, induites par les évolutions technologiques. Nous pouvons voir en ce moment différentes formes de systèmes musicaux collaboratifs où l'interaction est réalisée par un réseau informatique. Dans ce cadre, il existe quelques modalités : improvisation en réseau local ; systèmes de création collective ; improvisation en ligne ; téléprésence et systèmes partagés de création.

Dans les systèmes de création collective, les utilisateurs envoient leurs contributions musicales pour créer ensuite une pièce collective. Les systèmes partagés de création explorent le caractère collaboratif de l'internet où une plateforme est créée pour que les utilisateurs créent en même temps la musique. Nous parlons de téléprésence quand une performance est transmise en direct dans un autre endroit avec le public. La technologie permet aussi l'émergence de systèmes intelligents qui improvisent de manière autonome. Nous allons voir les approches qui ont été développées telles que le système *Voyager* de George Lewis ou le logiciel *OMax* développé à l'Ircam.

4.6.1 L'improvisation en réseau local

The League of Automatic Music Composers est le pionnier de la musique en réseau. Chaque musicien de l'ensemble écrit son algorithme de synthèse dans son ordinateur. Il produit sa propre musique, mais chaque ordinateur est connecté à un réseau permettant de recevoir l'information qui modifie sa production sonore. C'est de l'interaction dans ce réseau qu'émerge le flux sonore de l'ensemble. L'objectif étant de simuler un système complexe pour l'improvisation avec les ordinateurs, nous pourrions décrire le système comme un instrument collectif. Les instruments collectifs peuvent être aussi réalisés par différentes personnes en interaction avec un seul contrôleur (tel

que le piano à quatre mains). Avec l'internet, d'autres instruments collectifs sont disponibles pour l'utilisation simultanée[446]. Un exemple est l'instrument FMOL réalisé par Sergi Jordà pour la compagnie *Fura dels Baus*[447].

Un autre exemple d'improvisation en réseau est présenté par la *BLO* (*Barcelona Laptop Orchestra*)[448], qui réalise différents types de jeu en réseau dont la RODA qui est expliqué dans leur carnet en ligne :

> « Le travail est basé sur l'idée du jeu du téléphone, une métaphore du peu de cohérence de la communication interpersonnelle. Dans le jeu, une phrase est murmurée à tour de rôle d'un joueur à l'autre ; cela entraîne des résultats surprenants et souvent amusants, dus à l'accumulation d'erreurs et à la réinterprétation subjective du message. […] les interprètes relient leurs cartes son à une boucle de rétroalimentation ; un coordinateur assigne les rôles de l'enregistreur et du joueur, ainsi que la vitesse des tours. Des échantillons sonores sont injectés dans la boucle et chaque ordinatoriste peut les modifier à sa volonté. Le statut de chaque artiste est illustré visuellement avec un éclairage sélectif[449]. »

Ce système est utilisé normalement en performancedans un seul endroit spécifique avec un réseau local. Pourtant, dans le cadre du Festival Sonar de Barcelone qui a eu lieu en même temps que le *Network Performing Arts Production Workshop*[450], l'ensemble s'est divisé en deux et ils ont réalisé cette « pièce » en concert en deux endroits différents simultanément profitant du réseau internet.

---

[446] Pour d'autres exemples voir Álvaro BARBOSA, « Displaced Soundscapes: A Survey of Network Systems for Music and Sonic Art Creation », *Leonardo Music Journal*, décembre 2003, vol. 13, pp. 53-59.

[447] Sergi JORDÀ, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, *op. cit.*, p. 325.

[448] Notre ensemble Unmapped a réalisée une improvisation avec la BLO où ils jouaient avec son dispositif RODA et Unmapped improvisait en même temps. La vidéo de ce concert est disponible sur : https://www.youtube.com/watch?v=Fc1ytjwgrcg

[449] « L'obra es basa en la idea del joc del telèfon, una metàfora de la poca consistència de la comunicació interpersonal. En el joc, una frase es xiuxiueja a cau d'orella per torns d'un jugador al proper; això provoca sorprenents i sovint divertits resultats causats per l'acumulació d'errades i la reinterpretació subjectiva del missatge. […] els intèrprets enllacen les seves targetes de so en un bucle de realimentació; un coordinador els assigna els rols d'enregistrador i reproductor, així com la velocitat dels torns. Mostres de so s'injecten al bucle i cada laptopista les pot modificar al seu gust. L'estat de cada intèrpret es mostra visualment amb il·luminació selectiva. » (notre traduction) *in* Josep COMAJUNCOSAS, « La Roda (2010) – Barcelona Laptop Orchestra », https://blo.cat/?p=131&lang=ca, consulté le 28 juin 2019.

[450] « Network Performing Arts Production Workshop », https://www.terena.org/activities/network-arts/barcelona/programme2.html, consulté le 2 mai 2019.

4.6.2 L'improvisation en ligne

Le développement du réseau internet permet de nouvelles approches de la performance, de la lutherie, de l'improvisation. Différentes recherches se sont penchées sur ces nouvelles possibilités de rapidité de transmission d'informations. Le cas plus évident sera l'improvisation dans plusieurs endroits en même temps : chaque musicien joue son instrument, transmis via internet vers d'autres endroits où les autres musiciens se trouvent. Le problème majeur et (au moins pour l'instant) incontournable est la latence dans la transmission des données. Les instrumentistes ne peuvent pas être parfaitement synchronisés et le son auquel ils réagissent est parfois un son déjà du passé. Dans un entretien de Golo Föllmer à Atau Tanaka, ce dernier commente ce problème :

> « I find Internet time delay rather interesting and I think of it as a kind of unique acoustic of this media. . .. [R]ather than to play existing music on this new time basis, what is interesting to me is trying to find a musical language that works on this time axis[451]... »

La latence de l'internet est problématique dans les cas où il y a une synchronisation nécessaire, comme dans les musiques qui respectent un tempo déterminé. Dans les cas de la musique librement improvisée, la synchronisation n'est pas forcément un problème si les instrumentistes tiennent en compte ce facteur. En effet, il pourra être intéressant de comparer les différents résultats dans les différents endroits où l'improvisation a eu lieu. Un autre problème est la communication entre eux, car ils ne se voient pas, donc les informations sur l'intentionnalité du geste ne sont pas reçues. Nous avons donné l'exemple de l'ensemble *The Hub*, un autre exemple est l'*Ethernet Orchestra*[452]. Dans le cadre de ce dernier orchestre, Roger Mills fait une évaluation sémiotique de l'improvisation en réseau pour analyser la manière dont les musiciens communiquent et génèrent une signification quand il n'existe pas d'informations visuelles transmises. Il part des études d'ethnomusicologues pour montrer que d'autres cultures ont des méthodes pour la communication à distance à partir de nuances dans l'envoi des messages musicaux. Le timbre est, dans son étude, fondamental pour la compréhension des messages entre les musiciens de différentes cultures. Pour lui, un entraînement est nécessaire pour comprendre les intentions dans les paramètres du son.

---

[451] Atau TANAKA *in* Álvaro BARBOSA, « Displaced Soundscapes », *op. cit.*

[452] Roger MILLS et Kirsty BEILHARZ, « Listening Through the Firewall: Semiotics of Sound in Networked Improvisation », *Organised Sound*, février 2012, vol. 17, nº 1, pp. 16-27.

4.6.3 L'improvisation musicale intelligente

La technologie numérique permet à l'improvisation musicale d'être réalisée entre les machines et les musiciens. Les instruments sont dotés d'« intelligence » par leur luthier qui définit les manières d'interagir avec l'humain. Différentes approches ont été introduites depuis 1973, l'année où Laurie Spiegel et Max Mathews utilisent la dénomination d'instruments intelligents. Pourtant, la capacité d'interaction avec l'humain est variable et dépend de la volonté du luthier. Ils peuvent aller des instruments totalement indépendants à des instruments totalement passifs tels que les instruments acoustiques. Les auteurs mentionnés contestent ces dénominations, car effectivement, les luthiers peuvent donner différentes gradations d'intelligence aux instruments. Des exemples d'instruments dotés de moyens d'interaction « intelligente » avec le musicien sont nombreux. Remarquons le *Voyager* de George Lewis ou plus récemment *OMax* développé à l'Ircam.

George Lewis est un précurseur des systèmes algorithmiques d'improvisation qu'il développe depuis les années 1980. Il explique en ce qui consiste son logiciel :

> *« Voyager* is the latest in my series of computer music pieces that are designed to function in a nonhierarchical interactive musical environment which privileges improvised music. Previous works include *Rainbow Family* (Davaud 1984, Ouvry-Vial 1992), and *Chamber Music for Humans and Non-Humans* (Roads 1985). Each piece in the series functions in some sense as an improvised concerto, where a single performer is engaged in dialog with a computer-driven, interactive chamber orchestra acting as a "virtual improvisor." A computer program analyzes aspects of an improvisor's performance in real time, using that analysis to guide an automatic composing program that generates complex responses to the musician's playing[453]. »

Comme un tromboniste improvisateur, il n'aimait pas se produire en solo et le système *Voyager* lui permettait d'avoir un partenaire sur scène. En même temps, pour la conception d'un système comme celui-ci, il faut connaître « what sorts of things an improviser has to know in order to play successfully with another improviser[454]. » Lewis voulait que l'ordinateur se comporte comme un autre joueur indépendant. Il ne souhaitait pas utiliser l'ordinateur comme un instrument musical, car il voulait que les réponses du logiciel ne soient pas prévisibles à partir des données d'entrée. Ainsi, le

---

[453] George E. LEWIS, « Interacting with Latter-Day Musical Automata », *Contemporary Music Review*, juin 1999, vol. 18, nº 3, pp. 99-112, p. 103.

[454] George E. LEWIS, « Too Many Notes », *op. cit.*

logiciel dans ses différents modes de fonctionnement pouvait aller d'une « complete communion to utter indifference[455] » avec le musicien. Rappelons la caractéristique que nous avons remarquée dans les instruments musicaux où le même geste (les données d'entrée) devrait correspondre au même résultat sonore. Au-delà de l'importance du logiciel, comme pionnier dans les systèmes intelligents pour l'improvisation, il est intéressant de remarquer l'envie de Lewis d'échapper à la norme de la musique européenne. Lewis était conscient que les logiciels portent le poids de la culture, de la politique, de la société (voir paragraphe 4.1.1). Lewis montre que la technologie numérique naît d'une tradition euro centrique et ne reflète pas les autres cultures. Dans sa conception, il programme le logiciel pour que les gestes soient en correspondance avec sa musique, une musique africaine-américaine.

Un autre développement important dans le domaine de l'improvisation musicale intelligente est le système *OMax*[456] créé par l'Ircam. Il s'agit d'un logiciel qui capte une source sonore et l'analyse pour apprendre à improviser en temps réel. Ensuite, il utilise cette source sonore pour générer des propositions musicales. Il s'agit d'un processus continu de captation du jeu de l'instrumentiste et de propositions musicales à partir du premier. Il enregistre la source sonore et crée des structures formelles à partir de l'analyse réalisée. Le logiciel n'a pas de règles ou une théorie musicale pour déduire l'analyse de la source. Par conséquent, il peut improviser avec plusieurs styles de musique. Au départ, il était basé sur l'exploration de deux logiciels reflétant les caractéristiques de l'improvisation musicale : le premier *Max/MSP* pour donner le temps réel nécessaire à l'improvisation ; et *OpenMusic*, un logiciel dédié à la composition assistée par ordinateur et qui permettait de revenir au matériel utilisé avant dans la performance. Dans les dernières versions de ce logiciel (4.x), l'architecture du logiciel est réalisée seulement en *Max/MSP* (version 5 et testée dans les versions 6). Deux caractéristiques de ce logiciel sont à noter : la modélisation du style et la réinjection stylistique.

---

[455] *Ibid.*, p. 36.

[456] À partir du logiciel *OMax*, les équipes de l'Ircam ont créé d'autres logiciels similaires avec des objectifs différents. Par exemple, l'*Improtek* utilise le même moteur pour improviser avec une pulsation et une structure harmonique. Cf. Jérôme NIKA et Marc CHEMILLIER, « ImproteK : intégrer des contrôles harmoniques pour l'improvisation musicale dans la filiation d'OMax, », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Mons*, mai 2012.Plus récemment ce logiciel a évolué à *Djazz (Digital jazz)* « Djazz - Digital Jazz | Research », http://digitaljazz.fr/research/, consulté le 21 septembre 2019.

Concernant la première caractéristique, dans la recherche à l'Ircam différents algorithmes (LZ, IP, *Prediction suffix trees*) ont été étudiés pour finalement adopter le Factor oracle, un algorithme utilisé pour la reconnaissance de formes du génome. Il a été adapté à la modélisation stylistique par l'extraction de règles implicites de la musique analysée. Le système crée une chaîne de motifs qu'il identifie et qu'il parcourt pour proposer des motifs déjà utilisés. Cela nous amène à une deuxième caractéristique expliquée par les auteurs :

> « The idea of stylistic reinjection is to reify, using the computer as an external memory, this process of reinjecting musical figures from the past in a recombined fashion, providing an always similar but always innovative reconstruction of the past. To that extent, *OMax*, as a virtual partner will look familiar, as well as challenging, to his human partner. The interesting thing is to see how the human partner reacts to his "clone" and changes his improvisation accordingly[457]. »

Notons qu'un musicien peut manipuler *OMax* en temps réel, par exemple dans le choix des segments à utiliser dans l'interaction avec le musicien. Benjamin Levy[458] remarque différentes manières d'utilisation de ce logiciel par les musiciens. La première est naturellement le duetto d'un instrument acoustique qui, avec son signal audio, alimente *OMax* et ce système qui joue comme un clone à l'instrumentiste. Pour les luthiers d'*OMax*, l'analyse de différents instruments et différents styles de musique a permis d'améliorer l'improvisation d'*OMax*. Le musicien peut choisir les parties de l'improvisation utilisée pour l'apprentissage et, par conséquent, il peut opter pour enregistrer seulement certaines parties de l'improvisation ou même enregistrer avant la performance le matériel qu'il veut utiliser dans cette exploration improvisée par *OMax*. Le système est aussi utilisé pour l'improvisation collective avec plusieurs instances d'*OMax* qui capte un ou deux instruments.

---

[457] Benjamin LEVY, *OMax, the software improviser*, 2012, p. 3.

[458] Benjamin LEVY, Georges BLOCH et Gerard ASSAYAG, « OMaxist Dialectics: Capturing, Visualizing and Expanding Improvisations », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2012, Ann Arbor, Michigan.

4.7 Esthétiques de l'improvisation électroacoustique et mixte

Le succès des évolutions dans l'informatique musicale a été une conséquence de plusieurs facteurs musicaux, en parallèle avec tout un contexte sociopolitique comme l'explique Laliberté (voir *supra*). L'auteur montre (entre autres) que les mutations artistiques et musicales conduisent les artistes à faire des transformations esthétiques[459] ; à l'émergence du modèle percussif ; à l'expansion des sons disponibles et ainsi à de nouvelles sonorités. Laliberté explique cela :

> « Une mutation de l'esthétique musicale favorise la recherche de nouvelles solutions mieux adaptées à la série d'états évoqués, comme si la nouvelle esthétique cherchait à s'incarner dans un nouvel instrumentarium, plus satisfaisant. Longtemps ces mutations se sont faites en relative douceur, les technologies mécaniques des instruments acoustiques ayant évolué lentement depuis la Renaissance[460]. »

Les transformations qui se sont produites peuvent être évaluées du point de vue de l'appréhension de ces musiques par les auditeurs ou, dans l'établissement de ces musiques, ici dans le point de vue de la lutherie numérique et/ou dans l'utilisation de ces instruments pour la création musicale.

Carl Dahlhaus, dans son article *Problèmes esthétiques de la musique électronique* de 1970, parle de la méfiance du public envers la musique électronique. Une question qui émerge encore aujourd'hui est le rapport du public avec les sons utilisés dans ces créations et particulièrement les bruits. Des questions sont posées en récurrence : « les sons et les bruits produits électroniquement "sont-ils encore de la musique" [461]? » De plus, pour les critiques, le mot « musique » est aussi remis en question dans cette évaluation des productions électroniques. Pour ces critiques, elle ne suit pas le fil de

---

[459] Nous ferons ici une analyse de l'esthétique dans l'improvisation électroacoustique, mais notons aussi que les musiciens électroacoustiques s'insèrent progressivement dans la scène improvisée. Les ensembles dédiés à cette pratique ne sont pas exclusivement acoustiques ou numériques mais mixtes. Cette remarque est visible dans l'analyse des *Company weeks* de Bailey : « si le festival de 1977 est assez clairement orienté « jazz », c'est-à-dire plutôt Free jazz/Free music (encore que de nombreux pays, et donc de nombreuses tendances, soient représentés), les festivals des années 1990 comportent, outre les musiciens issus du jazz, des musiciens classiques, des guitaristes rock, des turntablists, des joueurs de samplers/synthétiseurs, des musiciens traditionnels, et même un danseur de claquettes ! » *in* Clément CANONNE, *Collective free improvisation*, *op. cit.*, p. 207. Aujourd'hui, la présence des instruments numériques dans les ensembles de musique improvisée est très commune.

[460] Martin LALIBERTÉ, « Archetypes et paradoxes des instruments de musique », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses., pp. 121–138, p. 136.

[461] Carl DAHLHAUS, « Problèmes esthétiques de la musique électronique », *in* Philippe ALBÈRA (dir.), *Musiques électroniques : Revue Contrechamps n° 11*, Carlo RUSSI et Vincent BARRAS (trad.), Genève, Éditions Contrechamps, Essais historiques ou thématiques, pp. 97-106, p. 125.

l'histoire écrite. Si Dahlhaus montre cette méfiance en 1970, quarante ans après, cette méfiance est toujours bien vive dans la critique comme le montre Bernard Sève dans son livre *L'Instrument de Musique*[462]. Il propose de renommer ces pratiques : « il serait d'ailleurs souhaitable de donner à ces musiques un nom un peu différent, comme cela se fait parfois : "art des sons" ou "musique du son"[463]. » Il considère les productions électroniques plutôt du point de vue de l'installation, de la sculpture plutôt que du point de vue musical. Il termine : « J'ai personnellement beaucoup de mal à considérer comme musique au sens plein du terme des œuvres qui ne peuvent pas être reprises par l'auditeur. Une musique déliée du corps du musicien ne me paraît pas être pleinement de la musique. » *(ibid.* p. 104*)*

À notre avis, Sève montre une méconnaissance des pratiques performatives de la musique électroacoustique actuelle tant dans le domaine du *live electronics* avec des instruments qui opèrent en temps réel, que par rapport à l'interprétation des compositions électroacoustiques avec l'utilisation de l'acousmonium. Ce système ne sert qu'à la diffusion des œuvres, mais il donne la possibilité de faire le choix des timbres par la variété des haut-parleurs. Il faudrait donc montrer que les productions électroacoustiques relèvent d'une continuité historique de la composition. Dahlhaus soulève la question et donne la preuve :

> « Or, le fait que la musique soit une catégorie historique, un ensemble variable de phénomènes, signifie que la continuité ou la discontinuité historique, le lien avec la tradition ou l'absence de rapport avec le passé décide si un phénomène sonore participe de la musique ou non. Il faudrait donc se demander si la production électronique provient de l'évolution interne de la technique compositionnelle ou si, en revanche, elle provient de l'extérieur, et constitue un élément étranger à la musique et à son histoire[464]. »

Or, la musique électronique, en tant que musique des timbres, des procédures compositionnelles déjà utilisées par les compositeurs de musique écrite, est effectivement une évolution historique des musiques : « la musique sérielle était la condition préalable dont provenait la musique électronique. » *(ibid.* p 127) Le récit de Paul Lansky prouve cette affirmation, lorsqu'il déclare : « Je me suis impliqué avec les

---

[462] Bernard SÈVE, *L'instrument de musique*, *op. cit.*

[463] *Ibid.*, p. 106.

[464] Carl DAHLHAUS, « Problèmes esthétiques de la musique électronique », *op. cit.*, p. 126, 127.

ordinateurs à une époque et un lieu où la motivation première de le faire était que nous croyions que ce serait un moyen d'exploration plus profond des propriétés de la musique de douze sons[465]. »

Nous avons vu que plusieurs chercheurs ont des difficultés à assumer ces sons en tant qu'éléments à associer à la musique, ils sont plutôt perçus comme des éléments liés aux arts sonores. Gayou[466] parle de cette difficulté d'entendre les musiques électroacoustiques de la même manière que les musiques acoustiques. La perception de la forme des pièces est remplacée par la morphologie de chaque « objet sonore » vu comme entité isolée associée au quotidien et transposée à d'autres disciplines des arts plastiques comme la sculpture. Dahlhaus dans le même article parle de cette association : « l'écoute associative déforme la musique électronique et la prive de son sens musical. Car écouter un bruit musicalement, c'est le percevoir pour lui-même, isolé du monde extérieur[467]... ». En effet,

> « Dès qu'on coupe les liens réels ou associatifs entre un ensemble de bruits et le monde de tous les jours, c'est-à dire dès que nous commençons à percevoir esthétiquement les bruits, nous pouvons reconnaitre les relations internes entre eux, relations par lesquelles la musique de bruits se constitue en musique : rapports de ressemblance ou de dissemblance, de concordance partielle ou d'opposition absolue » *(ibid.* p.134)

Dahlhaus montre la difficulté de la réception de ces musiques à une époque où il n'y avait pas les moyens de diffusion existants aujourd'hui. Il est pertinent de se demander l'état actuel de l'acceptation de la musique réalisée avec les ordinateurs. Ostertag nous donne une piste dans son analyse :

> « Isn't it ironic? On the one hand we find market constraints squeezing popular music with an unprecedented vigour, and on the other hand we have a public with an equally unprecedented fascination with computers and their possibilities. And yet Computer Music can find no audience beyond those who make it[468]. »

Si la démocratisation de la technologie fait que le grand public accède facilement à cette musique, nous voyons toujours la même problématique depuis les années 1970.

Canonne fait aussi référence au fait que le public de ces concerts est très souvent

---

[465] Martin LALIBERTÉ, « Émergence et développement de l'informatique musicale », *op. cit.*

[466] Evelyne GAYOU, *Le GRM, Groupe de recherches musicales*, *op. cit.*, p. 421.

[467] Carl DAHLHAUS, « Problèmes esthétiques de la musique électronique », *op. cit.*, p. 133.

[468] Bob OSTERTAG, « Why Computer Music Sucks », *op. cit.*

composé d'autres musiciens avec les mêmes esthétiques. Nous avons montré comment les personnes étrangères à ces musiques sont rejetées (voir paragraphe 2.3.5). Dans cette musique les esthétiques sont partagées entre les musiciens, par cette transmission où les instruments numériques ont aussi un rôle. Nous avons mentionné à plusieurs reprises l'effet de l'internet et des communautés. Kim Cascone parle d'une boucle de *feedback* culturel par ces artistes :

> « The artist completes a cultural feedback loop in the circuit of the Internet: artists download tools and information, develop ideas based on that information, create work reflecting those ideas with the appropriate tools, and then upload that work to a World Wide Web site where other artists can explore the ideas embedded in the work[469]. »

Actuellement, les instruments numériques sont partagés et utilisés à l'intérieur de ces communautés pour développer les sonorités qui le représentent.

La possibilité d'enregistrer et créer toute sorte de sons favorise l'intégration des différentes typologies sonores dans la musique. La musique concrète a affirmé le désir de plusieurs musiciens, depuis Edgar Varèse ou Luigi Russolo, d'intégrer les sons du quotidien, les sons bruiteux, etc. Il suffit d'observer les récits des artistes avant la musique concrète pour comprendre que cela correspond à des envies créatives :

> « If noises were registered [recorded], they could be grouped, associated and carefully combined as are the timbres of various instruments in the routine orchestra, although with a different technique. We could then create symphonies of noise that would be grateful to the ear. [...] Why, and I have been asking this for fifteen years, are phonograph records not taken of noises such as those of a city at work, at play, even asleep? Of forests, whose utterance varies according to their trees a grove of pines in the Mediterranean mistral has a murmur unlike the rustle of poplars in a breeze from the Loire? Of the tumult of the crowds, a factory in action, a moving train, a railway terminal, engines, showers, cries, rumblings[470]? »

Les musiciens ne font pas simplement une musique basée sur les sonorités des instruments existants, mais les détournent et les développent pour pouvoir les adapter aux sonorités souhaitées. Cascone montre comment, depuis les années 1990 les artistes détournent les appareils pour générer des sons provenant de la faille du matériel, et

---

[469] Kim CASCONE, « The Aesthetics of Failure », *op. cit.*, p. 17.

[470] Carol BÉRARD, « Recorded Noises. Tomorrow's Instrumentation », *Modern Music*, 1929, vol. 6, nº 2, pp. 28-29. *in* Timothy Dean TAYLOR, Mark KATZ et Tony GRAJEDA, *Music, sound, and technology in America: a documentary history of early phonograph, cinema, and radio*, Durham, NC : Duke University Press, 2012, p. 112.

s'inspirent dans le travail des futuristes, appelé le genre *glitch*[471]. Dans ce genre, « glitches, bugs, application errors, system crashes, clipping, aliasing, distortion, quantization noise, and even the noise floor of computer sound cards are the raw materials composers seek to incorporate into their music[472]. »

Il y a donc une liberté totale dans la production de tout type de son, et les musiciens utilisent leur créativité pour rechercher une palette sonore de manière originale. Phil Thomson[473] donne quelques exemples de cette recherche : la synthèse sonore à partir de données brutes de l'ordinateur ou l'artiste Markus Popp qui gratte la partie inférieure des CD pour obliger le lecteur à changer de piste. Ensuite, Popp enregistre le son effectué par le lecteur lors du changement de piste. Nous pourrions ajouter de nombreuses autres façons créatives d'obtenir ces sons. Dans l'improvisation musicale électroacoustique, le musicien a donc la liberté d'intégrer dans son langage tous ces sons et créer une esthétique propre à lui. Il pourra les utiliser dans le but de créer une entente avec la situation de performance dans laquelle il se trouve[474].

4.8 Le paradoxe de l'enregistrement de l'improvisation

L'enregistrement des musiques a pour objectifs la documentation, l'archivage de l'activité musicale ainsi que la dissémination et la commercialisation des musiques. Nous devrons nous questionner sur la pertinence de l'enregistrement de l'improvisation, car en tant que pratique de l'instant, elle devrait être reçue seulement dans le contexte de la performance. Toutefois, la facilité d'enregistrer l'audio et la vidéo des performances fait que l'improvisation est constamment figée sur un support en vue des objectifs énumérés auparavant. L'utilité de l'enregistrement est bien décrite par

---

[471] Kim CASCONE, « The Aesthetics of Failure », *op. cit.*, p. 14, 15.

[472] *Ibid.*, p. 13.

[473] Phil THOMSON, « Atoms and Errors: Towards a History and Aesthetics of Microsound », *Organised Sound*, août 2004, vol. 9, nº 2, pp. 207-218, p. 212.

[474] Dans le séminaire « Arts, écologie, complexité » de notre laboratoire Musidanse (https://musidanse.univ-paris8.fr/spip.php?article1278), nous avons présenté un cas pratique avec notre duo *Electrologues* autour de ce sujet (en partant de la théorie de l'information). Nous avons réalisé un concert où nous prévoyions que cette entente ne serait pas établie avec le public. Pour combler ce manque de compréhension de notre musique, nous avons créé une vidéo générée en temps réel à partir des caractéristiques spectrales du son. Le même patch *Jitter* a été utilisé pour créer la vidéo suivante à partir de la musique de ce duo :

https://www.youtube.com/watch?v=AnMWZULEsiI&feature=youtu.be&fbclid=IwAR3NCRIm5PIOvBNy5XxRmasiTgaR6A20ks-FoXjGCgLYGNlZGZFJAZYjp0A

Matthieu Saladin à propos de la création des albums des groupes tels que *AMM, SME* et *MEV* :

> « une des principales motivations consistait moins à considérer le potentiel créatif de l'enregistrement que sa valeur "médiatique" envisagée d'un point de vue pragmatique, c'est-à-dire comprenant le disque enregistré comme carte de visite, notamment pour démarcher des concerts et échanger des idées entre pairs. L'enregistrement comptait non pour sa capture de l'instant, mais pour sa puissance de multiplication et de diffusion, le disque étant lors pensé, en dépit de ses "défauts", comme médium favorisant une dynamique de réseau au sein d'une scène qui, pour l'essentiel, demeurait étrangère aux institutions et à leurs subventions. [...] En dépit des réticences des musiciens concernant la capacité de l'enregistrement à rendre compte du processus de création d'une improvisation, celui-ci n'en joue pas moins un rôle crucial dans le rapport à la mémoire de l'improvisateur, aussi bien à travers l'écoute générale d'enregistrements qui participe de manière non négligeable à sa formation, qu'à travers les relations d'échanges et d'influences mutuelles que permet le disque au sein d'un réseau de pairs éclaté géographiquement[475]. »

L'utilité de l'enregistrement reste valable de nos jours, car les enjeux de l'improvisation libre des années de production des albums de ces ensembles restent en général inaltérables. Les ensembles créent des albums pour pouvoir se faire connaître dans le milieu et répondre aux demandes d'exemples sonores par exemple lors des appels à performances.

Toutefois, les réserves des musiciens mentionnés par Saladin nous font nous questionner sur les relations entre les enregistrements et les performances. Dans la première partie de ce texte, nous avons vu que pour expliquer le phénomène de l'improvisation il faut tenir compte de l'ensemble hétérogène d'éléments qui composent le système de performance de l'improvisation. Or, dans l'enregistrement d'une improvisation, ces éléments disparaissent. Seul le flux sonore résultant est capté et l'importance des actants et leurs interactions sont omises. L'enregistrement de la performance de l'improvisation a été largement commenté par les improvisateurs qui partagent cette perspective.

Par exemple, Cornelius Cardew commente : « It is impossible to record with any fidelity a kind of music that is actually derived from the room in which it is taking place

---

[475] Matthieu SALADIN, *Esthétique de l'improvisation libre: expérimentation musicale et politique*, Dijon, Les presses du réel, 2015.

– its size, shape, acoustical properties, even the view from the window[476]. » Cardew commente l'importance des constituants et les relations entre les différents acteurs que l'enregistrement efface. L'audio enregistré ne permet pas d'écouter comment les interrelations entre les éléments, par exemple entre les musiciens et le public, affectent les esprits des musiciens et donc la musique. Une caractéristique de l'improvisation transformée par l'enregistrement est soulevée par Derek Bailey. Il montre son mécontentement pour l'enregistrement de l'improvisation, car pour lui l'essence de l'improvisation est son caractère éphémère, caractère qui se perd en l'enregistrant. Suivant ses mots, « l'improvisation est liée à l'aspect essentiellement éphémère de la musique, elle le célèbre même. Peut-être les détracteurs et les défenseurs de l'improvisation sont-ils définis par leur attitude envers cela. Pour beaucoup de gens qui s'y consacrent, l'un des principaux attraits de l'improvisation est sa fugacité, son absence de traces[477]. » D'ailleurs, l'enregistrement peut inhiber les musiciens qui préfèrent ne pas trop prendre de risque dans leur jeu. L'enregistrement réifie le son de la performance de l'improvisation et celle-ci prend le statut de composition où les temporalités (voir paragraphe 1.4.1.2) tendent à être analysées de la même manière, ce qui est faux. Dans un concert ou performance, un passage moins réussi ou une petite erreur dans une improvisation n'est pas gênante puis que nous n'allons pas l'écouter une autre fois. Avec l'enregistrement, un moment moins inspiré restera figé pour toujours et accessible à la découverte par tous. L'écoute d'une erreur à plusieurs reprises serait impossible à supporter. Si l'improvisation est vraiment évanescente, les musiciens seront plus libres de faire des erreurs, car cela ne restera que dans la mémoire des présents. Cela est plus évident dans les musiques stylistiques où les règles sont bien connues et l'identification de l'erreur est plus facile dans une écoute répétée.

Bailey continue avec ses réserves par rapport à l'enregistrement de l'improvisation :

> « dans tous les secteurs de l'improvisation ont été émises certaines réserves concernent le phénomène de l'enregistrement ; et singulièrement, l'enregistrement d'improvisations libres (ou totales) suscite, quant à lui, les réserves les plus neutres. Ces réserves concernent le plus souvent les pertes et les limitations qu'entraîne l'enregistrement de tout phénomène musical, quel qu'il soit. Mais il faut remarquer en outre que les mystifications techniques auxquelles on a recours à chaque enregistrement

[476] Cornelius CARDEW, « Towards an Ethic of Improvisation », *op. cit.*

[477] Derek BAILEY, *Improvisation*, *op. cit.*, p. 50.

(qu'il soit effectué en public ou en studio) agissent au détriment de l'équilibre et de l'interaction constamment changeants qui sont le propre de la plupart des improvisations libres. Certains procédés techniques tels que la réduction, la "présence", la limitation, la compression, le filtrage ou le prétendu "effet stéréo" ne servent le plus souvent qu'à éliminer ou à altérer des facteurs jouant un rôle considérable dans la musique que nous considérons.

Plus importante encore que les limitations techniques imposées par la technologie est la perte même, lors du processus d'enregistrement, de l'atmosphère d'activité musicale, de l'environnement créatif généré par la musique qui se joue par "la rencontre entre la musique, l'endroit et l'occasion" – pour reprendre les termes de Peter Riley – rencontre qui constitue bien une des forces principales de l'improvisation[478]. »

Dans ce premier paragraphe, Bailey évoque l'utilisation des technologies du studio pour « détourner » les enregistrements pour créer des compositions comme certains musiciens font dans la comprovisation. Cornelius Cardew, pour sa part, décrit les choses de la façon suivante :

« L'enregistrement produit véritablement un phénomène distinct, quelque chose en fait de bien plus fort que le simple jeu de l'improvisation, car ce que l'on entend sur disque ou sur bande est en fait ce même jeu, mais coupé de son contexte naturel. En réalité, le contexte naturel constitue une partition que les musiciens interprètent inconsciemment, partition qui coexiste de façon indissociable avec la musique, sans cesse à ses côtés et toujours en train de lui servir de support.

Il semble qu'il faille donc bien admettre que la seule chose que l'enregistrement de l'improvisation libre est capable d'offrir, c'est un certain nombre de traits (features) identifiables, traits qui, uniques et spécifiques à tel ou tel individu, ne peuvent servir à rien d'autre qu'à la simple identification du groupe ou de l'individu en question. Fournir une documentation sur telle ou telle identité musicale, sur telle ou telle modification de cette identité, voilà bien à quoi se résume tout ce qu'on peut attendre en temps normal d'un enregistrement[479]. »

Clément Canonne réfute ces arguments dans son article dédié à l'enregistrement de l'improvisation[480]. Il regarde l'enregistrement de la perspective de l'auditeur, dans l'expérience de l'écoute au lieu de l'analyse du phénomène comme le font Cardew ou Bailey. L'enregistrement est ainsi perçu de manière différente, car il est possible de faire abstraction de la complexité de l'improvisation pour se concentrer dans

---

[478] Laurent GODDET, « La compagnie Bailey », *Jazz Hot*, 1979, vol. 360. *in* Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 235.

[479] Cornelius CARDEW, *in* Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 235, 236.

[480] Clément CANONNE, « Improvisation et enregistrement », *in* Alessandro ARBO et Pierre-Emmanuel LEPHAY (dir.), *Quand l'enregistrement change la musique*, pp. 195-217.

l'expérience d'écoute. Sur le caractère éphémère de l'improvisation, il argumente que la répétition de l'écoute favorise l'expérience esthétique avec la compréhension du détail des strates de la musique. Aussi, Canonne réfère que l'écoute est différente si l'auditeur sait qu'il s'agira d'une écoute unique ou si elle pourra être reproduite plus tard. Pourtant, l'auditeur peut écouter « *comme si* ['il] ne l'entendrai[t] plus jamais, et donc d'avoir ainsi une expérience similaire à l'écoute d'une improvisation live[481] ».

Concernant le contexte, et donc l'interaction des musiciens avec les autres éléments du système, il dit que cela n'est pas vraiment une spécificité de l'improvisation, même si le contexte de production est lié au résultat sonore, il dit qu'« il s'agit là d'une différence de degré, et non de nature » *(ibid*, p. 197). Il argumente aussi que plusieurs musiques ont été créées pour certains contextes, mais qu'elles sont restées pour l'exécution postérieure, et ainsi la reproduction de l'improvisation peut avoir la même valeur.

D'ailleurs, si dans les musiques populaires, l'enregistrement a une valeur commerciale élevée, dans les musiques improvisées il n'y a pas un vrai retour financier (mais en effet dans les musiques improvisées, selon notre expérience, les retours financiers des performances ne sont pas non plus dignes de considération). Donc, pourquoi enregistrer des improvisations ? Laurent Goddet[482], prétend que les musiciens improvisateurs ne rejettent pas la possibilité d'enregistrement. Goddet explique que la « mode » de l'enregistrement a comme conséquence de raréfier l'écoute singulière d'une improvisation. Effectivement les musiciens, de moins en moins, créent de la musique sans avoir pour but un produit effectif, soit physique (un album) soit projet de scène (concert, spectacle, etc.).

Luc Ferrari commente cette situation actuelle où la société demande la production immédiate, ce qui est une contradiction avec le concept d'improvisation où le temps de travail, les relations entre musiciens nécessitent un temps spécifique : « Aujourd'hui, à Paris, je suis dans l'impossibilité de trouver cinq personnes avec qui travailler réellement, c'est-à-dire sans objectif certain de production. Or moins il y a d'écriture, plus il faut de temps, de travail commun. Cette contradiction sociale entre l'invention

---

[481] *Ibid.*, p. 196.

[482] Laurent GODDET, « La compagnie Bailey », *op. cit.*

et la production paralyse complètement l'imagination[483]. » Les enregistrements sont importants dans la dissémination du genre musical. L'exemple du jazz est significatif : avant l'apparition de l'enregistrement, le jazz en tant que pratique orale, pouvait être entendu dans les concerts dans des cercles réduits. L'enregistrement a permis aux publics qui n'avaient pas la possibilité d'être présents aux concerts de jazz de connaître le genre musical. Par conséquent, la musique enregistrée peut parvenir à une quantité infinie de personnes.

Actuellement, l'enregistrement est aussi important dans la consolidation et l'apprentissage de l'esthétique d'un genre musical et de ses techniques. Matthew Lovett parle de cet aspect : « This awareness and knowledge of the music we make ourselves, is clearly the result of listening to recordings of our own and others' playing, and in this sense, recording proves to be an invaluable documentary, and a therefore self-reflexive, tool[484]. » Les musiciens apprennent maintenant la musique à travers les différents médias. La relation élève-enseignant a évolué et le musicien a les moyens d'obtenir l'information par d'autres moyens tels que l'enregistrement. La performance et le concert ne sont plus les seules sources de « live ». L'influence sur leur apprentissage, l'assimilation d'une esthétique ou le style ne résulte pas du contact direct avec leurs références musicales, les enseignants, les collègues (ou à l'école), mais aussi des enregistrements en vidéo ou audio. L'étudiant peut analyser les enregistrements et essayer de jouer ou explorer les techniques, etc.

Aujourd'hui, avec la quantité de groupes existants et la facilité d'enregistrer la musique et produire des albums, l'enregistrement de la musique devient aussi un moyen d'exister dans le milieu musical. Les groupes qui n'ont pas une production physique de leur musique risquent de ne pas être visibles et ainsi, de n'avoir pas des opportunités de se produire en concerts.

L'enregistrement sert aussi comme outil de travail pour les ensembles. Dans notre expérience d'improvisation, les répétitions sont très souvent enregistrées pour une écoute et une discussion postérieure. En effet, l'expérience de l'écoute est habituellement différente lors de la performance ou quand nous nous concentrons

---

[483] Luc FERRARI *in* Denis LEVAILLANT, *L'improvisation musicale*, *op. cit.*, p. 238.

[484] Matthew LOVETT, « The Canonisation of Recorded Improvisations and its Impact on Performance Practice », *Dutch Journal of Music Theory*, 2008, 13 (1), pp. 16-24, p. 18.

simplement dans l'écoute. Dans un grand ensemble comme *Grand8*, l'écoute est souvent partiale, car la distance entre les musiciens est différente. L'enregistrement de ces répétitions permet aux instrumentistes de comprendre le son global d'une manière différente de celle qu'ils ont vécu dans la performance. Politiquement, l'enregistrement des improvisations a un rôle intéressant, dans la démocratisation des ressources sonores et dans la prise d'égalité par rapport aux formes de création musicale. Lovett conclut dans ce sens que :

> « Improvised music suffers from being in the unfortunate position of holding worthy musical and political ideals (such as the democratic approach to group composition, the non-hierarchical relationship between instruments, as well as the assertion of equality between improvised performance and written composition) whilst simultaneously remaining a marginal musical activity. The recording of improvised music in fact enables such philosophies to feed into the mainstream, whereas an approach that negates the value of the recorded artefact would prevent this invaluable interaction from taking place. Improvised music is not external to contemporary culture and therefore its practitioners must actively engage in the discourse of recording[485]. »

4.9 Obsolescence, pérennité et disponibilité de l'instrument

La création de nouveaux instruments soulève d'autres questions telles que leur préservation au cours des années, en relation à l'obsolescence des technologies associées. En même temps, il y aura un intérêt dans sa préservation si ces nouveaux outils sont utilisés et distribués. Nous pouvons voir[486] que de nouvelles propositions d'instruments numériques sont présentées avec de plus en plus d'innovations technologiques associées et cela amène à penser à comment pérenniser ces instruments en question. Une grande quantité de ces instruments est réalisée pour une utilisation personnelle ou *ad hoc* à la demande des artistes. Après, ils circulent très peu ailleurs que dans ces usages et il n'y a pas une réelle diffusion de l'instrument.

Clayton Mamedes et coll. montrent aussi que les causes d'obsolescence des instruments numériques sont « the lack of an instrumental technique dedicated to the musical instrument, the necessity of a new form of musical notation more suitable for *DMI*s,

[485] *Ibid.*, p. 20.

[486] Par exemple, par une analyse des actes de conférences NIMES (www.nime.org)

and the non-existence of a repertoire[487]. » Fels ajoute que ces instruments « are missing elements that can be embodied through the development of intimacy with the device[488]. » Comme nous l'avons remarqué plus haut, la conception de l'instrument doit idéaliser une intimité progressive avec son utilisateur. Cela est réussi par l'entraînement pour que le musicien soit intéressé pour son utilisation. À ces remarques, nous pouvons ajouter les commentaires de Risset lorsqu'il parle de l'obsolescence des systèmes en temps réel. Il montre notamment l'exemple de Ligeti, qui refusait l'utilisation de la technologie pour la création musicale justement pour ne pas tomber dans la problématique de l'obsolescence technologique. Nous transcrivons ci-dessous la citation complète :

> « Real-time systems are ephemeral because of the fast evolution of technology. This is a serious problem, which should be a major concern for composers. Gyorgy Ligeti refused to invest a major effort in the production of a piece which would depend on a specific technical device for its performance. Technology changes fast, and there are strong commercial pressures for renewing the electronic instruments. Hence many such instruments have a short life, even though they may be musically useful, and the pieces written for them can no longer be played or heard. Porting a piece realized on a real-time system onto another one is hard and uninspiring work, so that many composers produce a new piece rather than adapting their piece for the new device. This situation leaves no chance to develop traditions for performance or to let musical works become classics. It brings the risk of a perishable, memoriless electronic art.
>
> Composers are today more conscious of this problem than fifteen or twenty years ago. The designers of computer-based workstations for composers now realize how important it is to be able to port onto future machines musical pieces which depend upon such stations. This is a difficult challenge, however, and the difficulty is not merely technological: the composition should not depend upon machine idiosyncrasies that may be missing in a later machine; the compositional structure should be explicited clearly in term of basic operations that should be made available in future devices[489]. »

Risset dit que la composition ne devrait pas dépendre des idiosyncrasies de la machine, si on veut que la musique puisse prévaloir dans le répertoire du compositeur. Mais comment peut-on suivre la même procédure avec un instrument numérique ? Un

---

[487] Clayton MAMEDES, Mailis RODRIGUES, Marcelo M. WANDERLEY, Jônatas MANZOLLI, Denise H. L. GARCIA et Paulo FERREIRA-LOPES, « Composing for DMIs Entoa, a Dedicate Piece for Intonaspacio », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2014, London, United Kingdom, pp. 509–512, p. 509.

[488] Sidney FELS, « Designing for intimacy », *op. cit.*, p. 673.

[489] Jean-Claude RISSET, « Composing in Real-Time? », *Contemporary Music Review*, 1 janvier 1999, vol. 18, nº 3, pp. 31-39, p. 34, 35.

exemple d'un instrument qui a été investi dans sa réactualisation a été le *T-Stick*. Les auteurs montrent comment plusieurs adaptations ont dû être réalisées au cours du temps pour que l'instrument puisse être utilisé encore avec la technologie actuelle. Après ce travail, Nieva et coll. concluent :

> « how much should one change things, how much should we keep as is, having in mind that one of the most important things is to maintain the original concept of the instrument. Documenting and designing with community supported open-source electronic platforms aid in the maintenance process. Building multiple copies systematizes electronic design and leverages DMI craft expertise, especially if it is done as part of a pedagogical endeavor[490]. »

Concernant les questions de matériel, une manière de dépasser l'obsolescence des composants est montrée par John Richards qui explique ce qui se passe actuellement dans les communautés *DIY* :

> « Access to the most obscure electronic component or musical artifact is now possible as obsolete technology is sought on-line with the intention of appropriating it for a new use. The full affect of eBay on musical culture is still being felt. It is not a question these days of getting hold of something, but rather what is to be done with it. There is a kind of scavenging mentality where the whole course of recent music history can be picked over and elements extracted to build a new musical vision of the future. The pickings are rich[491]. »

Il est pourtant nécessaire pour les musiciens d'avoir des connaissances spécifiques dans le domaine de l'électronique, ce qui n'est pas toujours le cas. Nous retrouvons d'ailleurs le même problème soulevé au début de l'arrivée de la science informatique, lorsque les compositeurs ne maîtrisaient pas toutes les connaissances informatiques pour pouvoir programmer et utiliser les ordinateurs. L'avantage des communautés *DIY* c'est que, fréquemment, les plans pour la construction et la réparation des composants et des instruments sont partagés en libre accès et donc disponibles au plus grand nombre.

Mais le fait d'avoir un répertoire qui se développe pourrait permettre de pérenniser ce type d'instrument. Regardons par exemple les démarches réalisées par Musinfo[492]

---

[490] Alex NIEVA, Johnty WANG, Joseph MALLOCH et Marcelo M. WANDERLEY, « The T-Stick: Maintaining a 12 year-old Digital Musical Instrument », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2018, Blacksburg, Virginia, USA, pp. 198–199, p. 199.

[491] John RICHARDS, « 32kg: Performance Systems for a Post-Digital Age », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2006, Paris, France, pp. 283–287, p. 285.

[492] http://musinfo.fr/fr/musinfo

autour du dispositif électronique *Sampo*[493] : un concours de composition est réalisé chaque année, où les compositeurs doivent écrire une pièce mixte en utilisant *Sampo*. Le compositeur qui gagne est invité à écrire une nouvelle pièce en résidence avec les interprètes. En même temps, l'équipe réalise un travail de transcription d'autres pièces pour être interprétées dans *Sampo*. La question de la notation est aussi importante, car il n'y a pas une notation standard pour les instruments numériques et la notation musicale n'est pas adaptée à la musique électroacoustique. D'autre part, ces nouveaux instruments sont souvent utilisés spécifiquement pour l'improvisation, ce qui rend l'écriture, et donc la notation, stérile. Des propositions de notation[494] ont été faites : par exemple, Mamedes et coll. proposent un répertoire de techniques de jeu pour l'instrument *Intonaspacio* ainsi qu'une notation pour l'interprétation des pièces composées avec cet instrument.

Les musées ont aussi un rôle important dans la préservation et réutilisation des instruments. Des moyens peuvent être mis à disposition des artistes et chercheurs pour favoriser leurs utilisations. Hugh Davies, en tant que consultant dans le *Gemeentemuseum* à La Haie, expose son travail de recherche, classification, acquisition, exposition, conservation et maintenance des instruments électroniques[495]. Dans le cas de certains appareils, il est important qu'ils soient régulièrement utilisés comme le montre Daniel Teruggi, à propos des bandes magnétiques qui risquent de perdre leur élasticité. Teruggi soulève aussi la problématique de l'utilisation du matériel ancien avec les nouvelles technologies. Il parle notamment de la digitalisation des bandes de musique électroacoustique qui, dans les débuts de la musique concrète, avaient un ambitus fréquentiel de 80 à 10 000 Hertz. En faisant une conversion directe vers la technologie actuelle, des fréquences inaudibles à l'époque sont apparues. Le passage d'une version d'un instrument numérique à une autre plus évolué peut entraîner des conséquences similaires. Les évolutions des moteurs sonores des logiciels provoquent un changement dans la sonorité originale.

---

[493] Fabien COTHENET, « Musinfo », *Musinfo*, 27 août 2014, http://musinfo.fr/fr/musinfo, consulté le 22 septembre 2019 Fabien COTHENET, « Sampo », *Musinfo*, 27 août 2014, http://musinfo.fr/fr/recherche/sampo, consulté le 22 septembre 2019.

[494] Depuis 2015 une conférence internationale se réalise sur les technologies pour la notation musicale et représentation. « International Conference on Technologies for Music Notation and Representation », *TENOR*, https://www.tenor-conference.org/, consulté le 5 septembre 2019.

[495] Hugh DAVIES, « The Preservation of Electronic Musical Instruments », *Journal of New Music Research*, 1 décembre 2001, vol. 30, nº 4, pp. 295-302.

Il faut donc se poser quelques questions. Les logiciels doivent-ils être actualisés ? Les nouvelles versions permettent-elles de conserver la sonorité de départ ? Ou encore, les nouvelles sonorités sont-elles plus intéressantes ? Faut-il donc suivre l'évolution naturelle de la technologie et de conséquence l'évolution du rendu sonore ? La réponse à ces questions incombe à chaque musicien qui choisit de suivre les évolutions technologiques ou disposer d'une version stable de l'instrument avec le son qui lui convient. Nous avons vu le cas de Michel Waiszis (page 178) qui ne suit pas immédiatement les évolutions technologiques. Nous verrons plus tard en détail les choix que nous avons effectués par rapport à l'évolution de notre instrument. En résumé, nous n'actualisons pas les technologies associées depuis 2014 (avec une nouvelle interface gestuelle et 2013 pour le moteur sonore).

Morreale et coll.[496] ont réalisé une enquête sur 70 nouveaux instruments présentés entre 2010 et 2014 dans les conférences *NIME* pour comprendre l'usage des instruments en 2017. Les conclusions de cette enquête montrent que presque la moitié des instruments n'étaient pas prêts pour la performance et que plus de la moitié n'avaient pas été utilisés plus de 5 fois. Aussi, 53,1 % de ces projets n'avaient pas été repris ou poursuivis. Nous pouvons tirer comme conclusion que plus de la moitié de ces nouveaux instruments deviennent obsolètes très rapidement.

4.10 Limites et problèmes de la technologie dans la création musicale

Si la technologie promeut l'ouverture des possibilités créatives et sonores, elle a aussi des limitations et peut imposer des contraintes à la créativité. Regardons cet exemple d'une contrainte technique qui a « provoqué » une norme dans la musique populaire au XX^{e} siècle :

> « Surtout, ces disques 78 tours avaient une durée limitée, autour de trois minutes, et pour ne pas forcer l'auditeur à retourner le disque ou à avoir trois ou quatre disques pour un seul morceau, on prit l'habitude de limiter la longueur de la chanson à ces trois minutes. La chanson du XX^{e} siècle se pliait à une exigence technique alors que certaines complaintes, comme celle de Fualdès, pouvaient durer dix ou quinze minutes. Plus tard,

[496] Fabio MORREALE et Andrew MCPHERSON, « Design for Longevity: Ongoing Use of Instruments from NIME 2010-14 », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2017, Copenhagen, Denmark, pp. 192–197.

> l'apparition du trente-trois tours, dont une face peut durer jusqu'à trente minutes, allait faire disparaître cette contrainte, mais l'habitude était prise [...] : la technologie a donné naissance à une loi du genre[497]. »

En revenant aux instruments musicaux numériques, nous pouvons voir ces outils comme un « instrument de contraintes » des possibilités sonores infinies que la musique électroacoustique permet. Les choix de lutherie définissent la palette sonore que le musicien peut extraire de l'instrument et lors de la programmation de l'instrument le luthier doit être vigilant, pour trouver le bon équilibre dans toute cette « liberté » offerte par la technologie.

L'apprentissage de la technologie et l'utilisation des instruments numériques pour la création musicale ne viennent pas de soi. Plusieurs aspects peuvent éloigner les personnes de cet apprentissage. Nous obtenons immédiatement un retour sonore quand nous appuyons sur une touche d'un piano ou en percutant un marimba, en revanche pour les instruments numériques le rapport geste-son est moins immédiat[498]. Il y a une période d'apprentissage des outils, de la technologie, de l'instrument. Rappelons encore une fois les mots de Risset sur le temps d'apprentissage : « le geste de l'instrumentiste n'est pas un geste spontané, mais un geste expert, longuement travaillé. [...] un instrumentiste "surdoué" doit travailler des milliers d'heures pour maîtriser un instrument à un niveau professionnel. Il en va de même pour un instrument électronique sensible comme le Martenot[499] ». Dans ce sens, le temps investi pour la maitrise absolue de l'instrument peut être un facteur qui bloque l'achèvement de l'instrument et l'intérêt des compositeurs à écrire des pièces pour l'instrument.

Dans un article de 1999, Risset présente quelques limitations des systèmes en temps réel. Le premier aspect qu'il relève est la complexité que le temps réel peut atteindre. Celle-ci était achevée par la préparation de strates sonores superposées et pour lui cela

---

[497] Louis-Jean CALVET, *Chanson et société*, Paris, Payot, coll. « Langages et sociétés », 1981, 153 p Citation extraite de Frédéric DUFEU, *Mémoires artificielles et outils de création musicale : conséquences de l'emploi des lutheries électroniques et numériques sur la conception et l'appréhension des musiques électroacoustiques*, Université Rennes 2, 2010.

[498] Nous pouvons aussi comparer les temps de mise en place : par exemple un violoncelliste et un instrumentiste numérique. Le premier prend une chaise, retire son violoncelle de son étui, cire son arc, accorde son instrument et il est prêt à jouer. Un instrumentiste numérique doit trouver aussi une table, s'assurer d'avoir l'électricité prêt de lui, installer son matériel (laptop, carte son, interfaces gestuelles), démarrer ces appareils, ouvrir les logiciels et les configurer (ouvrir une session/patch, une base de sons), éventuellement se connecter à une table de mixage (l'allumer et la configurer, allumer les enceintes). Seulement là, le musicien peut commencer à tester le son.

[499] Jean-Claude RISSET, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repère historiques », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, pp. 19-33, p. 30.

sera toujours une limite, car le musicien n'a pas la liberté de choisir le niveau de cette complexité. La complexité dont parle Risset peut actuellement être accomplie en temps réel, mais effectivement dans l'improvisation il est très compliqué de travailler en détail les différentes strates du son. Le deuxième aspect mentionné par Risset est la flexibilité du contrôle en temps réel des paramètres du son. Nous avons vu que différentes stratégies de *mapping* peuvent réussir à manipuler des sons complexes, mais dans ces stratégies le détail de chaque paramètre n'est pas accessible. En temps réel, il est impossible de pouvoir contrôler tous les paramètres du son et encore moins s'il faut manipuler différentes strates en même temps. Le design des contrôles est fait en amont et le musicien doit extraire son expressivité à partir de cela. Nous allons voir que parfois dans l'improvisation électroacoustique il faut considérer une temporalité plus lente que le *hic et nunc* pour adapter l'instrument aux situations de l'improvisation. Les strates sonores reflètent cette différence de temporalité dans le traitement ou la production sonore. Dans son troisième point, Risset signale le caractère illusoire du temps réel pour comprendre et apprendre la synthèse sonore. Il est nécessaire de posséder une connaissance approfondie des paramètres sonores pour réussir à travailler le son en temps réel. Laliberté remarque de son côté :

> « Pour expliquer à l'ordinateur comment synthétiser un son, il faut savoir en détail et dans un temps fini, décrire le son voulu, ce qui, en pratique, se révèle à peine plus simple que d'expliquer à l'ordinateur comment composer[500]. »

Les contrôles disponibles pour cela ne sont pas toujours suffisants pour atteindre les objectifs de l'utilisateur, ce qui se traduit parfois dans une sorte de désillusion et éventuellement dans l'abandon du système.

Nous avons énuméré quelques limitations de la technologie, mais nous n'avons pas mentionné celle qui est la plus fréquente : le *crash* ou endommagement (soudain) des composants du dispositif technologique. Dans les logiciels du moteur sonore, mais aussi dans l'électronique et/ou connectique (câbles, transformateurs, etc.) ce phénomène entraîne plusieurs défaillances dans le système sonore. En effet, plus on utilise de matériels, plus grande est la probabilité de trouver des problèmes dans un des composants. Certains artistes[501] cherchent à réduire au maximum le matériel à utiliser,

---

[500] Martin LALIBERTÉ, « Émergence et développement de l'informatique musicale », *op. cit.*, p. 11.

[501] Voir par exemple Diego VILLASEÑOR, « Aaron Oppenheim On Laptop Based Improvisation », , *Experinautas*, 17 août 2016.

parfois préférant la *laptop performance* à l'utilisation d'interfaces gestuelles. Cela veut dire aussi une quantité moins importante de matériel à transporter pour les performances, moins de temps d'installation et de démontage, sans négliger le temps pour sortir de scène et rentrer chez soi.

Nous avons montré l'évolution technologique permettant la pratique de l'improvisation musicale électroacoustique. À partir de ces technologies les artistes peuvent développer leurs outils créatifs adaptés à leurs envies esthétiques. Cela est lié à la disponibilité des technologies qui deviennent économiquement abordables, mais aussi à la facilité dans l'accès à l'information (institutionnel ou *DIY*) pour développer les instruments numériques.

À partir de ces constats et de la théorie que nous avons présentée, il nous semble important de regarder de près des exemples d'artistes qui ont développés leurs instruments numériques et comment ils ont répondu aux enjeux du développement numérique. Dans le prochain Chapitre, nous allons analyser quatre cas différents de lutherie numérique. L'instrument de nos collègues d'*Unmapped* et *Electrologues* et celui de Lorenzo Bianchi Hoesch. Nous avons choisi ces instruments numériques par leur influence sur notre approche de lutherie. Nous verrons ensuite comme cela sera évident dans le reste de ce texte.

Chapitre 5

Les improvisateurs et leurs instruments numériques : études de cas

Ce chapitre est dédié à des cas concrets d'observation du travail et du développement autour des instruments numériques. D'abord, nous allons prendre en considération d'abord le cas du compositeur Lorenzo Bianchi Hoesch et de son système *Elle*, que nous allons explorer aussi par les biais d'une simulation de ses fonctionnalités. Puis, nous allons déplacer notre regard à l'intérieur du processus d'improvisation depuis notre posture de musicien-chercheur : des analyses d'actions situées, dans le cas d'*Unmapped* et *Electrologues*, nous permettront de mettre en comparaison différentes pratiques et approches à la lutherie numérique. Cette hétérogénéité, comme nous verrons, repose néanmoins sur une forte dimension personnelle qui se manifeste dans l'aspect du *work in progress*, caractéristique de ce type de lutherie.

5.1 La recherche gestuelle et sonore de Lorenzo Bianchi Hoesch

Lorenzo Bianchi Hoesch[502] est un artiste multidisciplinaire travaillant principalement dans le domaine de la musique électroacoustique. Diplômé en architecture à l'École Polytechnique de Milan, il étudie aussi la clarinette et le piano pendant plusieurs années dans cette ville. Son expérience dans la pratique de la musique électroacoustique est confirmée par ses différentes productions en tant que réalisateur informatique musical à l'Ircam ou les prix de composition qu'il a gagnés. Notre motivation principale dans l'analyse du travail de Bianchi Hoesch vient de sa production musicale dans le domaine de l'improvisation électroacoustique en solo ou dans une pratique collective.

[502] Pour une biographie complète, voir « Lorenzo Bianchi Hoesch », *Base de documentation sur la musique contemporaine*, http://brahms.ircam.fr/lorenzo-bianchi-hoesch, consulté le 22 août 2018. Une autre biographie plus générale pourra être consulté sur son site personnel :Lorenzo BIANCHI HOESCH, « Biographie », http://www.lorbi.info/wp/?page_id=7, http://www.lorbi.info/wp/?page_id=7, consulté le 22 août 2018.

Nous avons rencontré Lorenzo Bianchi à l'Ircam en 2016, bien que nous ayons suivi depuis 2010 son parcours à travers ses différentes productions artistiques et son métier d'enseignant. En effet, Bianchi a été professeur de composition électroacoustique de plusieurs membres du collectif *Unmapped* dont nous faisons partie. Au cours des répétitions de notre ensemble, directement et indirectement, l'esthétique de Bianchi Hoesch était présente dans des discussions sur la performance électroacoustique, la lutherie numérique et la composition. Nous en parlerons de manière plus évidente dans le paragraphe dédié à l'analyse des instruments numériques de nos collègues du collectif (paragraphe 0). Nous avons donc choisi ici d'analyser l'instrument numérique du compositeur par le biais de l'influence importante qu'il a eue dans le développement de notre propre instrument et dans notre approche de la musique improvisée.

Il est donc important de voir comment Bianchi Hoesch développe son instrument numérique et comment il est utilisé dans la performance. Un deuxième objectif sera de chercher des similitudes dans les performances de nos collègues et dans notre propre façon de développer les instruments numériques. À ce propos, il est important de mentionner que dans le cadre du conservatoire où Bianchi enseigne – à côté d'une activité artistique très riche – le moteur sonore qu'il a construit est souvent partagé entre les étudiants qui passent par sa formation.

Dans les prochaines pages, nous allons faire une analyse détaillée[503] de l'instrument de Bianchi et de son évolution soit dans le moteur sonore, soit dans les interfaces gestuelles.

5.1.1 *L'instrument* Elle

Le système utilisé par Bianchi est nommé *Elle,* d'après – comme il l'explique – la première lettre de son prénom « L ». Le moteur sonore est créé en *Max/MSP* : ses premières versions ont été construites dans la version 4 du logiciel et l'évolution de ce moteur sonore accompagne l'évolution du logiciel. Il adapte ce moteur à chaque nouvelle version de *Max/MSP* pour que tous les modules restent fonctionnels[504] et

[503] Cette analyse a été réalisée à partir de l'ensemble des versions de l'instrument que le musicien nous a fourni et à partir de deux rencontres avec Bianchi Hoesch où nous avons abordé les différentes questions que nous avons soulevées dans ce texte.

[504] En effet comme nous l'avons vu à propos de l'obsolescence (paragraphe 4.9), pour maintenir son instrument « à

parfois il intègre les innovations du logiciel à son moteur.

Dans les cas analysés dans ce texte, nous avons remarqué qu'une fois que le musicien a construit son instrument numérique et que celui-ci devient suffisamment fonctionnel pour la performance, il tend à rester assez stable. Ainsi, les innovations apportées par les nouvelles versions des logiciels utilisés n'ont pas un impact immédiat sur l'instrument. Les instrumentistes numériques se soucient en général beaucoup de la stabilité de leur instrument et y ajoutent très peu de nouvelles fonctionnalités. Notons aussi que les instrumentistes multidisciplinaires utilisent souvent leur instrument numérique pour différentes formes de création musicale. Bianchi utilise en effet ce système pour de multiples situations artistiques où, selon ses besoins, il change et adapte son outil au contexte musical. Le système complet intègre des modules qui peuvent être utiles pour la composition en studio[505] et des modules réalisés pour être joués dans les performances *live*. Si besoin, des extensions pourront être adjointes à son instrument pour augmenter les possibilités sonores. Bianchi utilise son système pour ses performances en solo, mais aussi lors de son travail avec d'autres instrumentistes, où il a alors la possibilité de combiner le traitement en temps réel du son capté produit par les autres musiciens avec le son produit par son propre instrument.

Nous avons eu la possibilité d'analyser plusieurs versions du système *Elle* et ainsi de noter les différences entre chacune des utilisations du système. Pour chaque performance, Bianchi sauvegarde une version avec la configuration qu'il a utilisée à cette occasion, ce qui offre au chercheur une archive riche pour la découverte de l'évolution de sa pensée instrumentale. Nous pouvons voir, par exemple, que les entrées et sorties audio doivent être adaptées selon la géométrie de l'ensemble avec lequel il joue, selon la configuration du système audio de la salle ou selon les conditions acoustiques. Les performances étant toujours différentes, il peut s'avérer qu'une configuration spécifique doive être mise en place. Dans la comparaison entre les différentes versions analysées d'*Elle,* nous vérifions que les modules internes ne sont

---

jour », il doit vérifier que tous les éléments de son dispositif soient compatibles avec les nouvelles versions des logiciels et, dans le cas spécifique de *Max/MSP*, l'utilisation d'objets non-propriétaires (*externals*) peut souvent rendre certains modules obsolètes.

[505] Par exemple, des modules moins stables peuvent être utilisés au cours du travail en studio sans que les conséquences soient les mêmes que lors d'une performance. En effet, si des erreurs se produisent, il pourra reprendre et corriger l'écriture de sa musique, sans pour autant que son travail soit entièrement gâché. Notons ici l'articulation particulière des différentes temporalités et phases de travail dans le numérique.

pas toujours les mêmes. L'instrument *Elle* est composé de différents modules que Bianchi choisit selon ses besoins. En effet, lors des répétitions, Bianchi fige les modules qui seront utilisés pour un spectacle donné et enlève les modules qu'il n'utilisera pas. Cela permet de gagner de l'espace de computation et de simplifier l'utilisation des interfaces gestuelles. Nous avons eu la possibilité d'observer de prés l'évolution de son dispositif de 2009 à 2017 : cela nous a permis de voir comment Bianchi a intégré les modules de traitement sonore et l'intégration des interfaces gestuelles pour la manipulation du son.

5.1.1.1 Le système de routage du son

Une des caractéristiques les plus intéressantes de son instrument électroacoustique est le système de routage du son entre les différents modules de génération et de traitement du son qui composent *Elle*, c'est-à-dire, la façon dont le son est reçu et renvoyé entre les différents modules. Le système est construit de façon à ce qu'à l'intérieur de chaque module, le musicien puisse régler la quantité de son provenant de chacun des autres modules, ainsi que le son d'entrée externe pour son traitement. Cela permet une infinité d'enchaînements de transformations sonores à partir d'un seul signal audio. Considérons par exemple le système représenté dans la Figure 9. Chaque module a un système de routage qui gère l'envoi de son signal audio à d'autres modules. Dans la Figure 9, le *module 2* (en vert au centre) « demande » 20 % du signal du *module 1* et 72 % du *module 3*. Le système de routage du module 1 va donc rediriger 20 % de son signal au module 2 et il en ira de même pour le système de routage du module 3 avec 72 % du signal. Ainsi, dans le module 2 il y aura 20 % de m1 et 72 % de m3 qui pourront être manipulés.

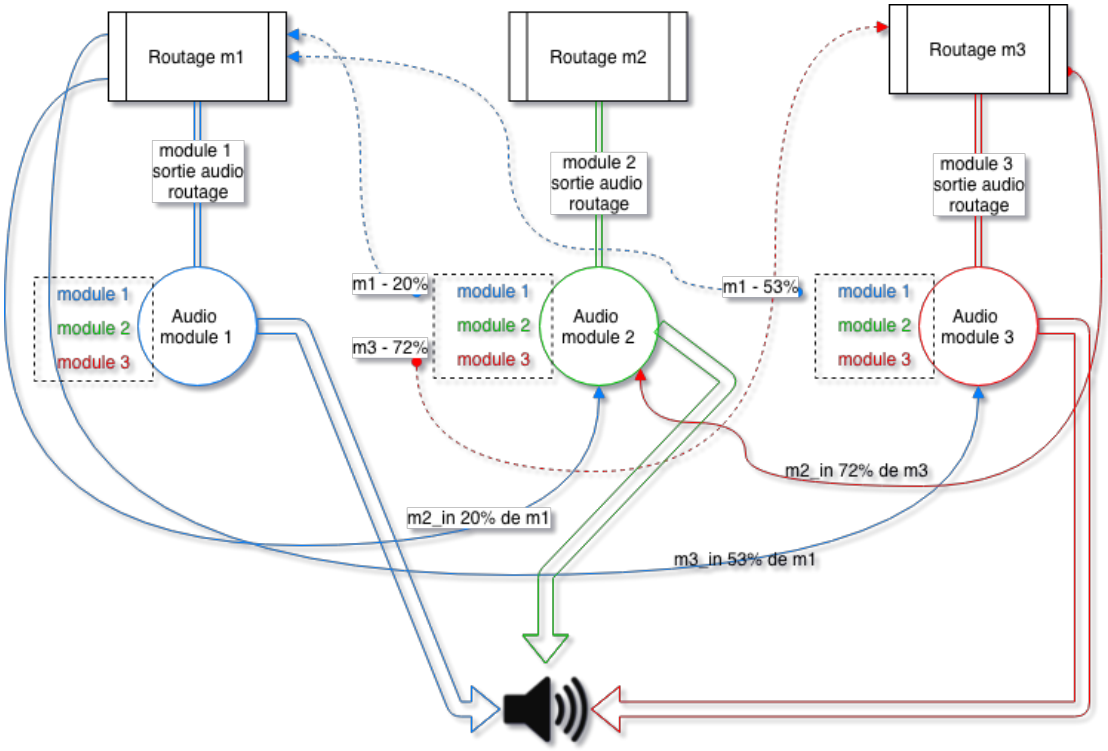


Figure 9 – Système de routage du signal audio entre modules

Le signal du module 2 pourrait ensuite être envoyé dans un autre module et ainsi de suite. À noter que dans le système de Bianchi, chaque module sépare la sortie audio pour le routage et les sorties audio pour le *master*. De cette manière, il est possible de contrôler séparément le son que nous entendons issu de chaque module et le son à rediriger aux modules du système.

Dans la Figure 10, nous pouvons voir le tableau d'entrées de routage réglable qui permet d'adapter la quantité de son de chaque module. Ce tableau est présent dans tous les modules du système avec la même configuration d'ordre et de couleurs. Cela permet l'apprentissage et le repérage de l'état des entrées audio dans le module.

Figure 10 – Module pour définition de la quantité d'entrées dans le module

Dans les prochains paragraphes, nous allons analyser en détail les différents modules d'*Elle* pour comprendre comment ils pourront être utilisés avec les interfaces gestuelles exploitées par Bianchi.

5.1.1.2 Les réglages généraux

5.1.1.2.1 Entrées / sorties sonores

Le son d'entrée via un microphone connecté à la carte son est toujours une question délicate dans l'approche d'un système électroacoustique. Si les bonnes pratiques nous disent que le réglage devrait être réalisé dans la console ou la carte son avant la performance, l'expérience d'utilisation de ces systèmes nous amène à considérer l'importance de prévoir des outils pour améliorer le son à partir du système en temps réel. Souvent, l'accès à la console pour ces réglages devient une tâche compliquée, voire impossible, à réaliser dans la performance. Dans *Elle*, nous voyons le souci de Bianchi de bien traiter le son d'entrée pour qu'il soit transformé dans les meilleures conditions. Dans les différentes versions du logiciel que nous avons analysé, Bianchi applique parfois à l'entrée sonore des ajustements avant sa « distribution ». Par exemple, il insère un filtre pour pouvoir « nettoyer » le son qui entre dans le logiciel.

Son instrument est conçu pour sortir en six canaux : chaque élément du système envoie le son spatialisé dans ces six sorties sonores comme nous le verrons dans le paragraphe suivant.

5.1.1.2.2 Spatialisation du son

Il existe un module transversal à tout le dispositif pour la spatialisation sonore. Initialement Bianchi utilisait un module basé sur l'objet matrix~ (mais qui reste d'actualité dans plusieurs modules). Cet objet permet le passage progressif entre les différents points sonores où l'utilisateur peut choisir le temps de passage progressif (message *ramp*). Avec ce module, il existe quatre modes de spatialisation : *mono linear, mono random, stereo linear* et *stereo random*. Dans le premier cas, le son fait un parcours linéaire par une sortie à la fois (1-2-3-4-5-6) ; dans le deuxième cas, l'ordre dans les enceintes est aléatoire ; dans le troisième cas, les sons sont envoyés par deux canaux différents à chaque moment, mais de façon linéaire (1, 2 – 2, 3 – 3, 4 – etc.) ; finalement dans le dernier cas, les paires qui existent dans le mode linéaire sont utilisées dans un ordre aléatoire.

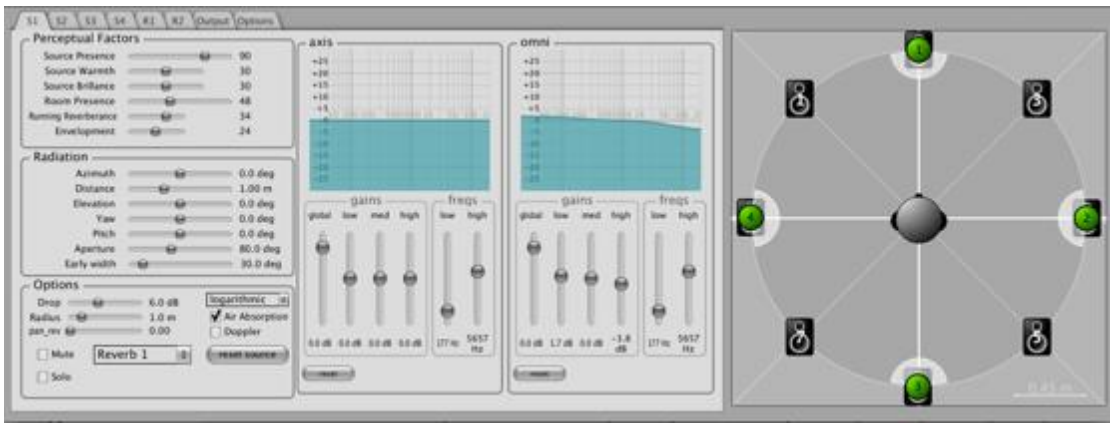


Figure 11 – Module de contrôle de la spatialisation de l'Ircam

Dans les versions les plus récentes d'*Elle*, ce module a évolué pour un système de spatialisation plus sophistiqué conçu par l'Ircam : le Spat[506]. L'utilisation des modules de spatialisation créés par l'Ircam avec une interface propre donne la possibilité à Bianchi de contrôler de façon plus fine les différents paramètres de réglages des sorties sonores. Dans la Figure 11, nous pouvons voir tous les paramètres passibles d'être réglés par le logiciel.

[506] « Le Spatialisateur (communément appelé Spat) est un outil dédié au traitement de spatialisation sonore en temps réel. Il permet aux artistes, *designers* sonores, ingénieurs du son, de contrôler la position de sources sonores dans un environnement tri-dimensionnel : à partir de signaux issus de sources instrumentales ou de synthèse (électronique), le Spat réalise les effets spatiaux et délivre les signaux alimentant un dispositif électroacoustique (qu'il s'agisse d'un ensemble de haut-parleurs ou au casque). » *in* « Spat », *IRCAM Forumnet*, http://forumnet.ircam.fr/product/spat-en/, consulté le 16 février 2019.

5.1.1.2.3 Presets

Bianchi Hoesch utilise le système de gestion de l'état de *Max/MSP* (*presets*) pour reprendre les valeurs des différents modules de son instrument. L'analyse du dispositif nous montre que plusieurs valeurs de base sont initialisées par ce système de gestion. Servant de rappel pour le compositeur, l'une des versions affiche le message suivant en commentaire : « 1 – reverb ; 2 – charger les sons ; 3 – charger *preset*, etc. ». Cela nous montre l'importance de l'utilisation des *presets* pour le fonctionnement (ou au moins l'initialisation) de l'instrument.

5.1.1.3 Les modules audionumériques

Le moteur sonore est composé par un panneau principal où Bianchi Hoesch définit les paramètres généraux transversaux au moteur (ex. les échantillons sonores), l'initialisation des paramètres, le module de réverbération et un ensemble d'échantillons. Les différents modules sonores du système sont « cachés » dans des abstractions qui sont évoquées par des raccourcis et activées par les interfaces gestuelles. L'encapsulation des modules dans *Max/MSP* est obtenue par l'objet *bpatcher* qui permet ensuite son instanciation.

Nous pouvons classer les modules d'*Elle* selon qu'il s'agisse de générateurs sonores, de manipulateurs/transformateurs sonores, ou qu'ils remplissent ces deux fonctions à la fois. Les modules de génération de son ont comme source sonore des échantillons sonores stockés dans la mémoire de l'ordinateur ou obtenus par la synthèse sonore. Il s'agit des modules : *Lgrain*, *Ldegenerator*, *LDist-follow*, *Ldist-controlled*, *LGensynth* et les différents échantillonneurs.

Les modules de manipulation du son sont : *Lfreeze*, *Lreverse*, *Ldelay*, *Lshifter*, *Lharmonizer*, *Lscrub*, *Lpsychoirtrist*, *Ldrom*, *Lstretcher*, *LMetrain*.

5.1.1.3.1 Granulation : *Lgrain*

Dans le paragraphe 6.2, nous allons voir en détail les caractéristiques de cette technique de synthèse sonore. En résumé, un granulateur découpe les échantillons en petits grains sonores et les assemble pour créer un continuum sonore. L'auditeur ne percevra pas que le son a été assemblé à partir des grains et l'écoutera comme le continuum sonore

d'une reproduction normale d'un échantillon.

En se basant sur le patch de synthèse granulaire de Nobuyasu Sakonda de 1999[507], Bianchi Hoesch adapte ce granulateur à son instrument numérique. Le moteur de la synthèse granulaire est réalisé par « l'extraction » des grains sonores des échantillons audio qui peuvent provenir des fichiers stockés dans la mémoire de l'ordinateur ou de n'importe quelle autre entrée sonore via le système de routage audio d'*Elle*. Après avoir testé différents granulateurs, Bianchi Hoesch a adapté celui de Sakonda en raison de son goût personnel pour la qualité sonore qu'il n'a pas trouvé ailleurs.

Ce module est divisé en quatre parties : deux communes à tous les modules du système – une pour la spatialisation du son et une seconde que nous avons déjà mentionnée pour la gestion des entrées sonores –, une pour la manipulation de l'échantillon sonore chargé en mémoire et une dernière pour le contrôle des paramètres de la granulation. Pour la manipulation de l'échantillon, Bianchi Hoesch propose plusieurs opérations de manipulation de la mémoire tampon à partir duquel seront extraits les grains. En bleu, en haut de la Figure 12, nous pouvons voir les différentes fonctionnalités pour manipuler cette mémoire tampon. Ainsi, après avoir chargé un fichier audio dans la mémoire tampon (*Load*), il est possible de : rogner la mémoire tampon selon une sélection de l'utilisateur (*Crop*) ; normaliser l'audio (*Normalize*) ; sélectionner tout ou parties de l'échantillon ou agrandir une zone spécifique de la forme d'onde ;

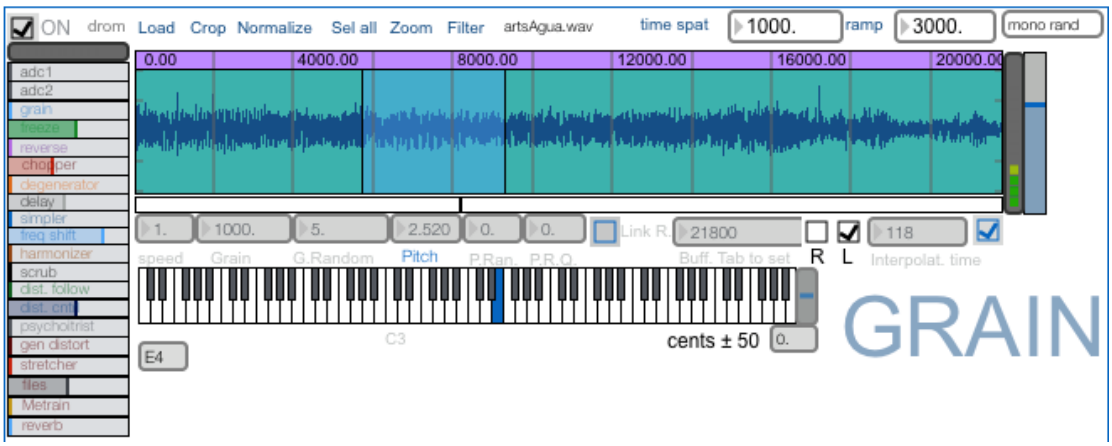


Figure 12 – Granulateur *LGrain*

[507] Nobuyasu SAKONDA, « Profile », http://formantbros.jp/sako/profile.html, consulté le 18 septembre 2017. Dans son site, la dernière version de ce granulateur s'appelle *SugarSynth* et date de 2011 : http://formantbros.jp/sako/materials/sugarSynth.zip

Le son résultant de la granulation pourra être filtré si l'utilisateur le souhaite. Un filtre s'ajoute dans l'interface du granulateur avec l'option *Filter*. Les fonctions par défaut du filtre de *Max/MSP* sont disponibles.

Le moteur de ce granulateur est réalisé avec l'objet *play~* qui permet de reproduire des extraits des échantillons. Il est donc utilisé pour jouer les grains auxquels est appliquée une enveloppe sonore. Nous pouvons voir dans la Figure 13 comment le moteur de la synthèse granulaire utilisé par Bianchi Hoesch est construit. Un message est construit avec les caractéristiques des grains – taille du grain, position de lecture de la et fréquence de déclenchement des grains, pour être « envoyé » à l'objet *play~*[508] une enveloppe sonore est appliquée au grain. Ces trois valeurs sont calculées à partir de paramètres que l'utilisateur peut modifier dans l'interface principale (vélocité, vitesse de lecture de la sélection de la mémoire tampon, taille du grain, caractère aléatoire de la taille du grain, transposition, caractère aléatoire de la transposition, quantification du caractère aléatoire de la transposition – le *pitch* peut être introduit manuellement ou à travers le clavier)[509].

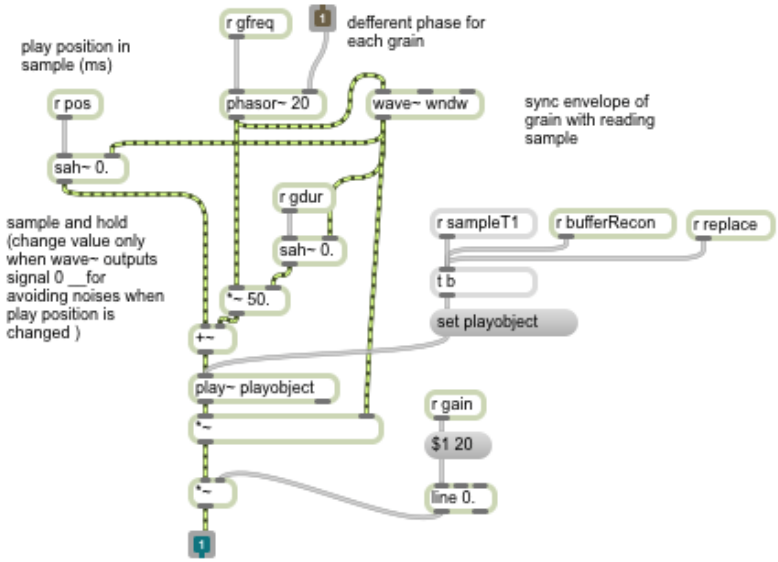


Figure 13 – Le moteur sonore de la synthèse granulaire

[508] Les guides de référence de *Max/MSP* (version 6 que nous avons utilisé) sont en ligne sur la page « Max 6 Help and Documentation », https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html, consulté le 4 septembre 2017 « Max Objects Database », http://www.maxobjects.com/, consulté le 21 juin 2019. Nous mettrons la référence de chaque objet que nous analysons pour que le lecteur puisse rapidement accèder au détail de fonctionnement de l'objet. Pour l'objet *play~ :* https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#play~.

[509] Dans le patch en anglais : *Speed, Grain, Grain Random, Pitch, Pitch Random, Pitch Random Quantize*

5.1.1.3.2 Dégénérateur : *Ldegen*

Ce module sert à lire un échantillon à vitesse variable à quatre voix. Il est représenté dans la Figure 14. Le module est composé de l'abstraction permettant la manipulation d'un échantillon : l'ouvrir à partir d'un fichier sonore ou à partir d'un son d'entrée ; le module de routage qui permet de diriger ce dernier ; les quatre fonctions qui définissent la vitesse de lecture ; l'amplitude de chaque voix et le module de spatialisation.

L'échantillon peut être lu une seule fois ou en boucle. Chaque voix, à chaque moment, peut avoir des vitesses différentes et l'utilisateur peut démarrer les voix à différents moments. Ainsi, à partir d'un seul échantillon, il est possible de créer des hétérophonies (quand les vitesses sont proches) ou des variations complexes. La vitesse de lecture de l'échantillon est définie par une fonction linéaire créée par l'objet *fonction* de *Max/MSP*. Cette fonction envoie les valeurs de la vitesse de lecture au moteur qui se charge de lire aux vitesses demandées.

Quand le mode de reproduction est en boucle, à chaque répétition, un point est ajouté aléatoirement à la fonction (donc quatre points au total). À chaque itération l'échantillon sera reproduit différemment. L'utilisateur peut choisir le degré de variation de l'attribution aléatoire des points dans la fonction. Cela permet qu'une fonction puisse provoquer de grands changements de vitesse de lecture alors que d'autres induiront de petites variations.

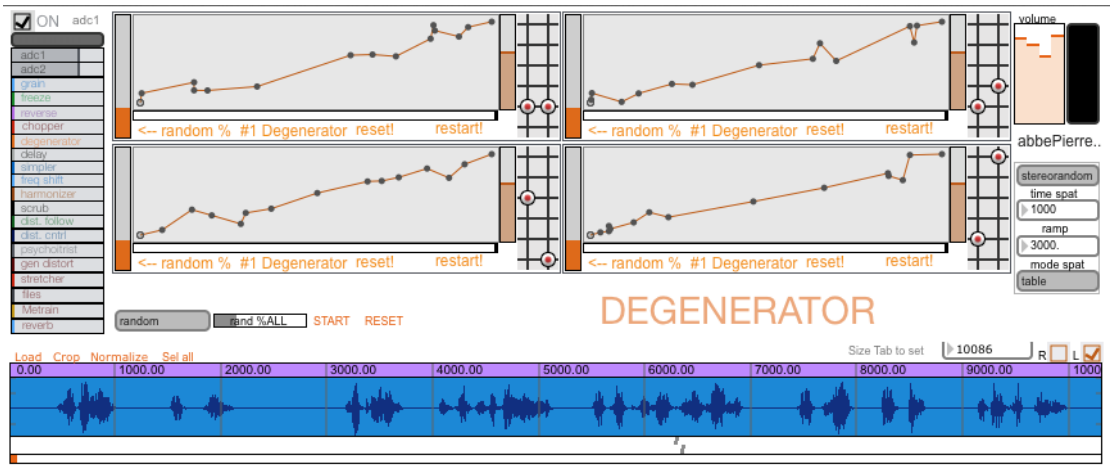


Figure 14 – Patch *LDegenerator* pour lecture d'un échantillon à vitesse variable

5.1.1.3.3 Les échantillonneurs

Dans les dernières versions d'*Elle*, il existe plusieurs échantillonneurs pour le

déclenchement du son. Dans le panneau principal du système, il y a deux échantillonneurs utilisables avec deux contrôleurs MIDI : le *nanokontrol* et le *QuNeo*. Ils ont été créés selon les caractéristiques de l'interface et une analyse de ces échantillonneurs doit être réalisée en parallèle de l'analyse de l'interface. Nous les analyserons dans le paragraphe 5.1.1.5. En plus de ces deux échantillonneurs, il en existe un troisième, le *Lsimpler*, que nous allons maintenant décrire.

- Lsimpler

L'échantillonneur sert à reproduire des échantillons de sons enregistrés en temps réel ou des fichiers stockés en mémoire. À ceux-ci il est possible d'appliquer des traitements sonores. Dans le module de Bianchi Hoesch que nous pouvons observer via la Figure 15, nous pouvons avoir une idée du fonctionnement du système : l'utilisateur charge un échantillon sonore en mémoire qui sera reproduit une seule fois ou en boucle indéfiniment. De même, à partir des entrées d'autres modules, l'utilisateur peut remplir la mémoire tampon une seule fois ou en boucle. Il existe trois traitements appliqués à l'échantillon qui donne la richesse du module. D'abord, il faut expliquer que l'échantillon est reproduit simultanément douze fois, et c'est le traitement différent de chaque reproduction qui fait varier le résultat sonore.

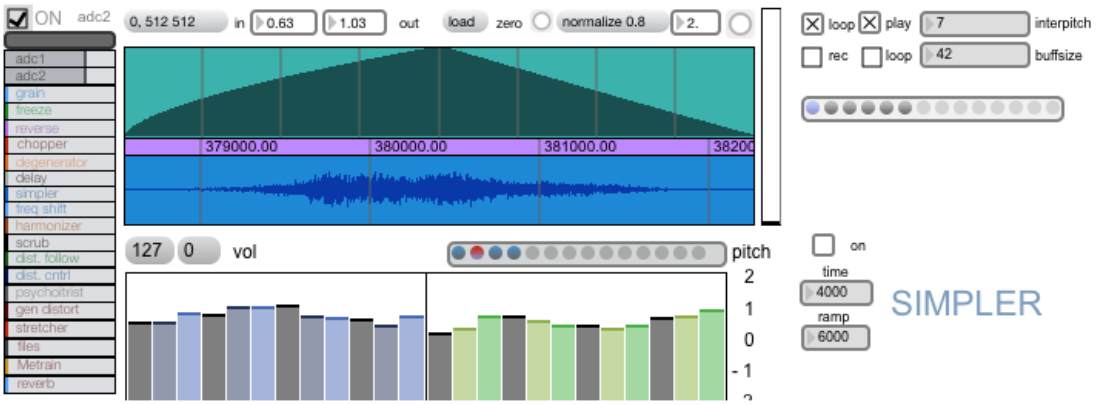


Figure 15 – Échantillonneur – *Lsimpler*

Chaque instance de reproduction est réalisée avec une amplitude et une transposition spécifiques. Celles-ci peuvent être changées en temps réel par le musicien. Pour les transpositions le musicien peut aussi définir le temps d'interpolation entre chaque changement de transposition. Cela permet d'obtenir des *glissandi* quand des changements sont opérés.

Des *presets* sont enregistrés pour un rapide changement entre les états souhaités par le

musicien et il y a la possibilité d'enregistrer de nouveaux *presets*.

Dans la Figure 16, nous pouvons voir la fonction d'enveloppe. Elle est commune à toutes les instances de l'échantillonneur. Par défaut une enveloppe trapézoïdale est appliquée (bouton « 0, 512 512 »), mais elle peut être modifiée en temps réel : le musicien peut appliquer l'enveloppe qu'il définit en écrivant avec la souris directement dans l'objet *waveform~*. Il peut indiquer les valeurs de son choix pour la courbe d'attaque et la courbe de *decay* (objets numériques *in* et *out*), ou utiliser une fonction aléatoire (bouton *bang* et degré de l'aléatoire). Dans la Figure 16, nous pouvons voir l'aspect de cette fonction aléatoire avec la valeur 1.22. Avec une courbe de ce type, le résultat sonore sera une sorte de granulation de l'échantillon appliquée aux douze instances.

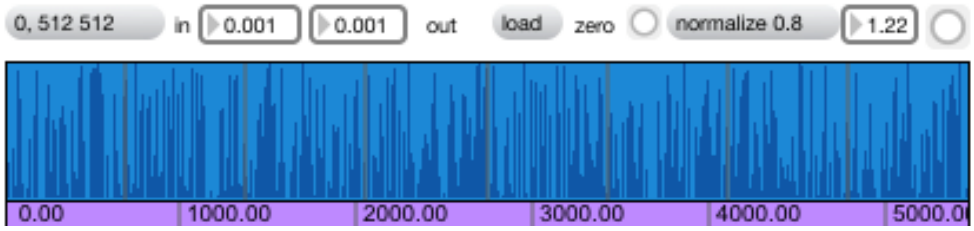


Figure 16 – fonction aléatoire de l'enveloppe

- Échantillonneurs principaux – *PADS-Sampler* dans d'autres versions

Les échantillonneurs du panneau principal ont été conçus pour être utilisés avec les interfaces gestuelles. L'interface varie selon le contrôleur qui sera utilisé pour sa manipulation. Nous voyons, par exemple, que dans la dernière version analysée (2.6), il y a la possibilité de charger vingt-quatre échantillons à utiliser avec deux échantillonneurs, le premier contenant seize instances et le second huit. Celui de seize instances est pensé pour être manipulé par l'interface *QuNeo* (Figure 103) qui comporte au moins seize *pads*. Dans des versions précédentes de cet échantillonneur, nous avons pu voir qu'il y avait huit instances, certainement en lien avec la présence de huit pads au sein de l'interface gestuelle. Le *Akai LPD8* en est un exemple (Figure 94).

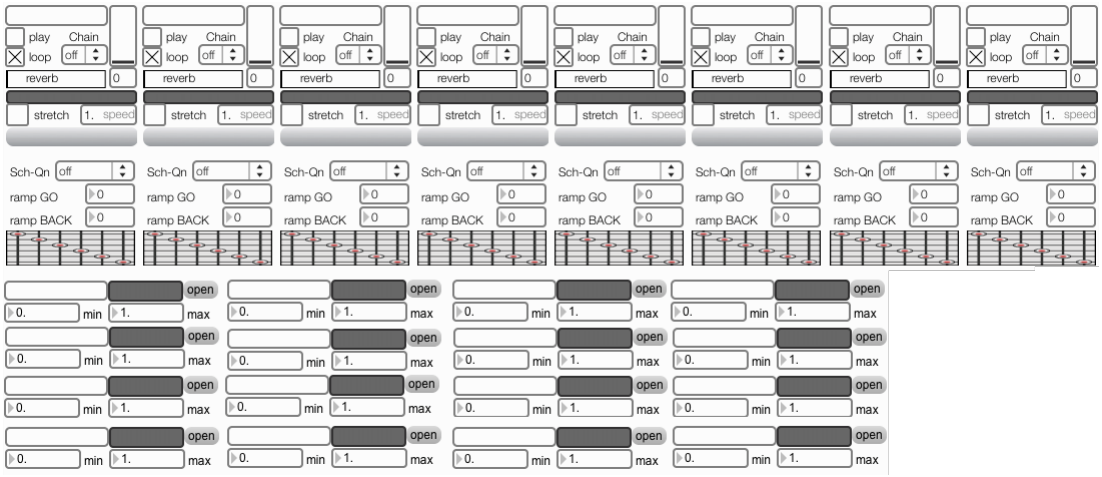


Figure 17 – vingt-quatre échantillons possibles

Figure 18 – Module échantillonneur

Dans la Figure 18, nous pouvons voir l'un des huit échantillonneurs. Les échantillons sonores sont chargés en mémoire et l'utilisateur peut choisir celui à déclencher. Comme avec l'échantillonneur *Lsimpler*, l'échantillon pourra être joué une seule fois ou en boucle. Dans l'interface du moteur sonore, il est possible de calibrer le volume de sortie ainsi que la quantité de réverbération à ajouter à la reproduction de l'échantillon. Une option permet d'étirer le son (*stretch*). Les options en bas sont à utiliser avec une interface qui contrôle le volume du déclenchement des échantillons, par exemple avec la vélocité (valeur de la norme MIDI). Normalement, le contrôleur utilisé est le *QuNeo* qui utilise la pression du doigt pour définir les valeurs de *sidechain* de l'amplitude. L'utilisateur peut choisir entre « env up » ou « env down » ce qui signifie que la pression du doigt dans le contrôleur fera augmenter ou diminuer l'amplitude lors de la reproduction de l'échantillon. Le « ramp GO » représente l'atténuation de la valeur

initiale du *sidechain* : une valeur haute signifie que les changements seront plus doux ; la rampe « back » représente l'atténuation de relâche du déclenchement. Par exemple, avec les valeurs présentes dans la Figure 18, lorsque l'utilisateur appuie sur la touche de l'interface gestuelle, il obtient une enveloppe de type percussif car la valeur de la pression du doigt est atteinte rapidement (*ramp go de* 24) et le release sera atténué (*ramp back* de 164).

Les seize autres échantillons que nous pouvons utiliser sont présents dans le panneau principal du patch. Ceux-ci n'étaient pas présents dans les versions antérieures de l'instrument, ce qui nous amène à penser qu'ils ont été intégrés avec l'acquisition du contrôleur *QuNeo*. Les échantillons sont chargés à partir d'un module central. L'interface ne possède pas de moyens pour charger (ou changer) les sons et cette opération doit donc être réalisée dans ce panneau principal avant la performance.

Figure 19 – Un autre échantillonneur dans *Elle*

L'interface minimale permet de choisir l'échantillon et de définir l'intervalle de transposition (vitesse de lecture de la mémoire tampon) du son (0-1 par défaut mais il peut s'agir d'une valeur stockée en mémoire [par le *pattrstorage*]). Le bouton *open* permet à l'utilisateur d'ouvrir le module *spat* dont nous avons déjà parlé et de choisir manuellement la position de l'échantillon dans l'espace d'écoute. Toutes les autres commandes sont définies par l'utilisation du contrôleur : cette position spatiale que nous venons de mentionner est changeable en temps réel avec l'interface gestuelle par les coordonnés XY du pad ; la pression du doigt dans le pad définit la valeur de vitesse de lecture de l'échantillon. Si le musicien presse doucement le pad, l'échantillon sera lu avec une vitesse proche du seuil minimal ; au contraire, si le musicien presse le pad avec plus d'intensité, la vitesse de lecture sera plus proche du seuil maximal.

5.1.1.3.4 *LDist-follow*

Ce module prend une banque d'oscillateurs interpolés (*interpolated oscilator bank*, objet *ioscbank~*[510]) pour créer un nuage de fréquences autour d'une fréquence centrale.

[510] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#ioscbank~

Celle-ci est acquise à partir d'un signal d'entrée avec l'objet *sigmund~*[511].

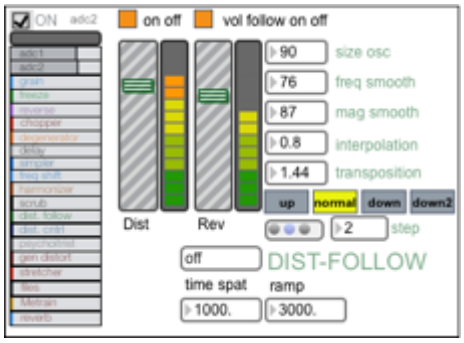


Figure 20 – Module *LDist-follow*

À partir du module transversal d'entrée, le musicien choisit la source pour l'obtention de la fréquence centrale. Pour créer cette sensation de nuage, le module permet l'interpolation entre les valeurs détectées et ajoute une variation à partir de valeurs aléatoires autour de la valeur de la fréquence détectée. Si la fréquence détectée ne change pas, le système donne à ce nuage la « liberté » de voyager progressivement autour d'autres fréquences (objet *drunk*). L'effet de nuage est obtenu également à travers la réverbération des sons des oscillateurs. L'utilisateur peut choisir le nombre d'oscillateurs, le nombre de *samples* pour lesquels les *smoothing* de fréquence et d'amplitude sont effectués et la vitesse d'interpolation (ms). Il est aussi possible de transposer l'onde de texture dense résultant de cette banque d'oscillateurs.

5.1.1.3.5 *LDist-controlled*

Bianchi Hoesch crée un deuxième système similaire à l'intérieur pour créer cette sorte de nuage autour d'une fréquence. Dans ce cas, la fréquence centrale n'est pas détectée par le module, mais c'est l'utilisateur qui l'introduit. Ceci est réalisé grâce au contrôleur *Pen Wacom*. Tout le reste du système reste inchangé. La position sur l'axe Y de la *Pen Wacom* contrôle la fréquence centrale des oscillateurs, et la position sur l'axe X contrôle le pourcentage de son qui sort avec (ou non) la réverbération (*wet* et *dry*).

5.1.1.3.6 *Scrub* : *Lscrub*

Venant de l'anglais, *scrub* signifie frotter, balayer avec une brosse. Dans ce module, il

[511] http://www.maxobjects.com/?v=objects&id_objet=4713

s'agit de « frotter » à travers la longueur d'un échantillon sonore, tel un disque parcouru par l'aiguille d'une platine. Ce module est l'un des plus importants dans le dispositif de Bianchi Hoesch car il est très souvent associé aux interfaces gestuelles les plus utilisées par le musicien. À travers l'interface gestuelle ou même avec une souris sur l'objet *waveform~*, le musicien peut parcourir l'échantillon sonore qui est joué dans le point de contact de l'objet.

Ce module utilise les objets *superVP*[512] développés par l'Ircam. Plus précisément, il utilise l'objet *SuperVP.scrub~*[513] qui resynthétise le son de la mémoire tampon. Ce module est représenté dans la Figure 21. L'utilisateur a la possibilité de choisir entre quatre échantillons sonores qui sont tirés d'un dossier[514] en temps réel en utilisant les touches u, i, o et p.

Nous pouvons voir que l'utilisateur peut contrôler la transposition de l'échantillon, la transformation de l'enveloppe spectrale, la quantité de partiaux harmoniques (sinusoïdes) et les partiaux inharmoniques (*noise*).

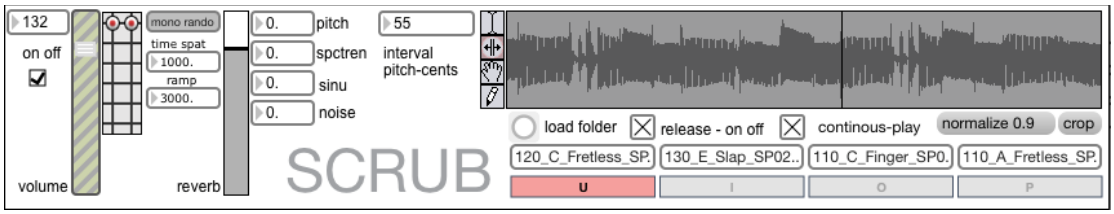


Figure 21 – Module *Lscrub*

5.1.1.3.7 *Lfreeze*

Ce module est une adaptation de l'effet de *freeze* créé par Jean François Charles[515]. L'utilisateur peut créer trois instances de *freeze*, c'est-à-dire choisir trois moments pour

---

[512] « SuperVP pour Max », http://forumnet.ircam.fr/fr/produit/supervp-pour-max/, consulté le 2 septembre 2019. Les objets *SuperVP Max* sont conçus à partir du même moteur que celui d'*AudioSculpt*, un vocodeur de phase évolué dédié à l'analyse/synthèse et fournissant une haute qualité de rendu du traitement sonore en temps réel.

Un premier groupe d'objets fournit des traitements comme le *time-stretching* (dilatation temporelle), la transposition des hauteurs, la transformation d'enveloppes spectrales et la décomposition sonore en sinusoïdes, en bruit blanc et par transitions. Optionnellement, les objets permettent aussi bien la restitution des transitions et les enveloppes spectrales que la forme d'onde et l'image stéréo d'origine.

[513] « SuperVP is an extended phase vocoder engine providing high-quality temporal and spectal sound transformations as well as cross-synthesis. The module supervp.scrub~ allows for continuously playing and transforming a sound stream stored in a buffer~. The playing position is controlled by an input signal. » *in* supervp.scrub~.maxref.xml

[514] Les références (les noms) des fichiers d'un dossier sont introduites dans l'objet *umenu* et quand l'utilisateur choisit un échantillon, le contenu de la mémoire tampon est remplacé par celui qui a été choisi.

[515] Jean-François CHARLES, https://www.jeanfrancoischarles.com/, consulté le 22 septembre 2019.

générer ce *freeze*. Le module de Bianchi Hoesch est construit de manière à ce que l'effet soit déclenché par trois boutons d'un contrôleur MIDI. L'utilisateur peut aussi contrôler le volume de chacun des *freezes* à travers le contrôleur MIDI.

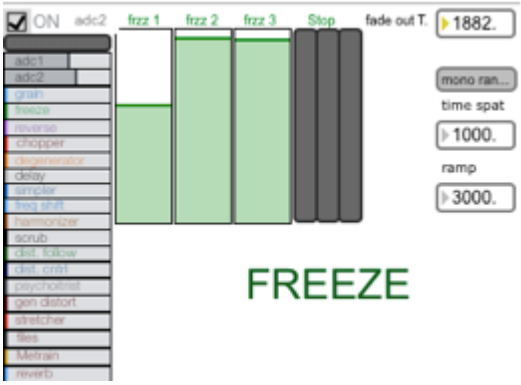


Figure 22 – Module *LFreeze*

Concernant le fonctionnement du *freeze*, il est réalisé par le module *Max/MSP pfft*. Il s'agit d'une abstraction pour simplifier l'utilisation de l'analyse et la synthèse à travers la *Fast Fourier Transformation*. Une matrix *jitter* est utilisée pour écrire l'audio en continu. Lorsque l'utilisateur demande un *freeze*, le contenu de la matrice est copié vers une seconde matrice avec les mêmes dimensions pour la lecture des contenus. Cela permet que les données en train d'être lues ne soient pas superposées. Cette deuxième matrice est donc lue de façon aléatoire pour que la répétition des échantillons ne crée pas d'autres fréquences.

5.1.1.3.8 Transposition : *Lshift*

Le module de transposition comporte quatre possibilités de transposition à travers l'objet *freqshift~* de *Max/MSP*. À partir du module de gestion d'entrée de son, l'utilisateur choisit les signaux qui seront transposés. Ce module est très simple, l'utilisateur peut choisir un intervalle pour la fréquence de transposition et, s'il le souhaite, des valeurs aléatoires dans l'intervalle choisi. Un *bang* est utilisé pour faire varier ces valeurs. L'utilisateur peut aussi contrôler le volume de chaque transpositeur.

Nous n'avons pas repéré d'interfaces gestuelles pour le contrôle de ce module ou des automatismes, ce qui nous amène à penser que ce module est établi avant la performance ou que cet effet est utilisé surtout dans le travail en studio.

5.1.1.3.9 Harmonisation *: LHarmonizer*

L'interface utilisateur de ce module est constituée d'un filtre passe-bas, des contrôles des quatre instances pour l'harmonisation du son d'entrée – fréquence de transposition, temps de délai pour la ligne en retard et une valeur pour une rétroalimentation (*feedback*) – et des modules transversaux à l'ensemble du patch pour la spatialisation et la gestion des entrées.

Ce module est réalisé avec le principe de l'effet *Doppler* (voir paragraphe 7.5.4 pour une description plus détaillée). Il permet de transposer le son d'entrée à quatre voix. Cela est fait par la création de quatre instances de l'*harmoniser*. À chacune de ces instances, en plus de la possibilité de transposer le signal avec la même ligne en retard, sont appliquées les fonctions de délai communes avec l'objet *tapin~ / tapout~*. Ainsi il est possible de définir le retard de l'entrée sonore et un pourcentage de rétroalimentation. Dans le patch nous voyons des traces d'utilisation du contrôleur *Wii* dans l'utilisation du filtre passe-bas. En effet dans les versions antérieures, ou lorsque Bianchi Hoesch utilise la *Wii*, celle-ci sert à contrôler la fréquence de coupure du filtre. La coupure des fréquences peut se traduire par l'extinction de l'effet.

5.1.1.3.10 *LPsychoirtrist*

Bianchi Hoesch construit un deuxième module pour obtenir des harmonisations du signal audio. Pour cet effet, il utilise l'objet *psychoirtrist~*[516] de Robert Schnell. Tel que l'*harmoniser* dont nous venons de parler, celui-ci permet aussi de transposer un son d'entrée à quatre voix. L'objet de base de ce module fonctionne avec un ensemble de messages qu'il reçoit et traite, tels que la transposition de chaque voix en *cents*, l'imposition d'une hauteur à une voix, le délai de chaque voix, etc.[517].

Au module de gestion d'entrée transversal au système, Bianchi Hoesch ajoute les fonctionnalités de base (incluses dans l'exemple de l'objet) de *psychoirtrist~* et un module pour forcer les transpositions selon des valeurs MIDI stockées dans un fichier.

---

[516] « Pitch Synchronous Yin-based Choir Effect, Derived from the psych~ and PAGS modules, psychoirtrist~ transposes and delays a monophonic input multiple times with random variations obtaining a choir effect. Each voice has its own output. » *in* « Max/MSP externals - IMTR », http://imtr.ircam.fr/imtr/Max/MSP_externals, consulté le 15 juin 2019.

[517] L'ensemble des messages peut être consulté à l'intérieur du fichier d'aide de l'objet. Nous nous référons seulement à ceux qui sont utilisés dans le patch de Bianchi Hoesch.

Avec l'objet *seq,* un fichier MIDI est lu à la vitesse définie par l'utilisateur. Les valeurs de ce fichier MIDI sont envoyées à l'objet qui exécute la transposition de l'audio d'entrée. À noter que ce module n'est plus inclus dans les versions plus récentes de l'instrument de Bianchi Hoesch.

5.1.1.3.11 *LGen-dist*

L'interface minimale de ce module cache la complexité de la programmation qu'il contient. Le module *gen~* est utilisé pour créer un patch de plus bas niveau que dans la programmation *Max/MSP* habituelle. Il permet la création de nouveaux objets sans avoir besoin de créer des objets externes (*externals*) dans un autre langage de programmation. Aussi, la programmation *gen~* permet une meilleure efficience dans l'exécution du code[518].

L'interface de ce module présente simplement le module de spatialisation, un champ pour choisir un *preset* et deux potentiomètres pour définir l'amplitude sonore de sortie et la quantité de réverbération qui sera appliquée au son. Pourtant, le module est très efficace dans la production des sons bruiteux. Le choix du *preset* démarre le système qui prend 10 ms de bruit (avec l'objet *noise~*) et réalise des opérations de délai, de rétroalimentation et de filtrage du son pour obtenir le son résultant. Deux sous-modules *gen~* identiques forment ce synthétiseur où le son résultant de chacun devient le son d'entrée pour l'autre. La gestion des valeurs pour ces opérations est réalisée à partir de l'objet *nodes* et contrôlée par l'interface gestuelle. De la manipulation de cet objet composé par quatre *nodes,* un vecteur est créé avec les distances du curseur aux *nodes*. Ces valeurs vont servir à transformer les paramètres du délai et du filtrage pour avoir une diversité dans le son produit. Le module *gen~* est composé de différents délais enchainés entre eux, rendant le son avec la rétroalimentation et le filtrage toujours différent.

C'est donc le mouvement du curseur dans l'objet *nodes* qui provoque la transformation sonore. Cet objet à deux dimensions est manipulé par le contrôleur Wacom qui est parfaitement adapté à cet objet.

---

[518] Graham Wakefield montre les différences d'efficience d'exécution avec des opérations basiques avec *gen~* et avec MSP. Cf. Gregory TAYLOR, « Tutorial: gen~ for Beginners, Part 1: A Place to Start | Cycling '74 », https://cycling74.com/tutorials/gen~-for-beginners-part-1-a-place-to-start, consulté le 1 avril 2019.

5.1.1.3.12 Ligne en retard : *Ldelay*

La ligne en retard est un effet très utilisé depuis les débuts de la musique électroacoustique. Il est basique mais également très efficace. Le principe de base est très simple : un son d'entrée est enregistré dans une mémoire tampon puis, selon un temps déterminé par le musicien, cette mémoire tampon est reproduite. Cet effet peut également être géré de beaucoup de manières différentes et la créativité du musicien définit les différences d'utilisation de l'effet. Son implémentation est réalisée avec deux objets *Max/MSP* : *tapin~* et *tapout~*. Le premier est un tapon de mémoire circulaire qui enregistre en continu une entrée sonore. Le deuxième permet de lire en continu le son enregistré dans une autre temporalité. Une caractéristique intéressante de ce deuxième objet est qu'il peut être modalisé en temps réel pour avoir des temps de *delay* variables.

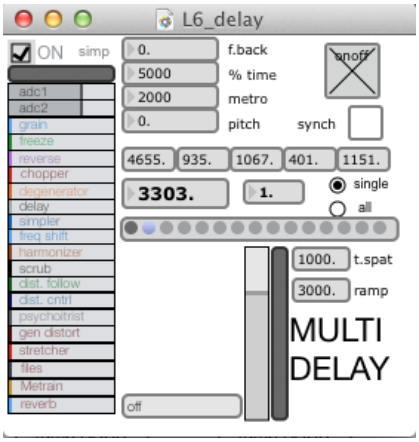


Figure 23 – Module *LDelay*

Dans ce module, Bianchi Hoesch crée un délai multiple avec cinq itérations où le temps de retard peut être établi de différentes façons. Ces temps peuvent être définis par l'utilisateur ; peuvent être attribués aléatoirement (un par un ou les cinq en même temps) ; ou peuvent être des multiples définis par l'utilisateur. Deux autres itérations avec lecture variable du tampon sont établies sans être liées à la sortie audio du module, mais à l'entrée de deux des cinq itérations. Dans ces deux itérations supplémentaires, la lecture du tampon est réalisée avec une rampe (lecture variable en continu) ce qui provoque la transposition de la mémoire tampon. Le son transposé est donc ajouté au son original avec différents temps de retard. Cela veut dire qu'à partir de la même source, les sons superposés auront des hauteurs différentes. Cela crée une richesse dans le rendu sonore de ce module.

Dans le module, l'utilisateur peut définir la valeur de la rétroalimentation sonore

(*f.back*), la valeur maximale pour les valeurs aléatoires des cinq itérations (% time), l'intervalle de temps pour le déclenchement de ces valeurs (*metro*) et la quantité du son résultant qui sera envoyé aux deux itérations avec lecture variable (*pitch*). Le module de spatialisation est aussi présent, mais avec une présentation réduite : dans ce module il n'y a pas de retour visuel sur l'état de la spatialisation. Bianchi Hoesch établit deux *presets* pour un accès rapide pendant la performance. Dans le premier *preset*, les temps de délai entre 0 et 90 *millisecondes* sont envoyés aléatoirement à chaque 200 ms des valeurs. Il y a une transposition associée (par l'utilisation des deux *tapout~* auxiliaires) et une rétroalimentation avec 90 % de la valeur. Cela donne un résultat presque granulaire au rendu sonore. Dans la deuxième forme enregistrée, les valeurs aléatoires varient entre 0 et 5000 dans un intervalle de temps de 2000 ms. Le résultat du délai dans ce cas est moins prévisible par rapport aux temps de retard qui seront utilisés, mais sans la rétroalimentation et la transposition le son conséquent sera plus proche du son d'entrée.

5.1.1.3.13 *LStretcher*

Nous pouvons voir la présentation de ce module dans la Figure 24. Il est composé du système de routage sonore, du module de spatialisation et des objets pour le contrôle du « stretch ». L'objectif de ce module est d'étirer un son d'entrée en utilisant un délai. Lorsque l'utilisateur appuie sur « go! » l'audio est stocké dans une mémoire tampon, puis les grains sont reproduits pendant le temps (*time*) défini par l'utilisateur (et le temps de disparition – *fadeout*). Lorsque la valeur du grain est inférieure à la taille de la mémoire tampon, l'audio sera itéré pour le temps de reproduction donnant la sensation d'un étirement du son.

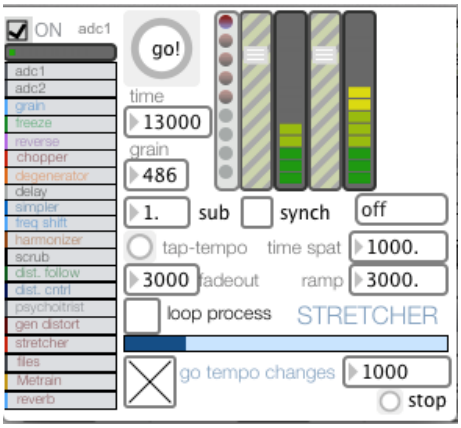


Figure 24 – Module *LStretcher*

Dans l'interface du module, l'utilisateur peut définir le temps de reproduction (*time*), le *grain* sur lequel la reproduction sera faite, si (*synch*) une subdivision (*sub*) du temps est à réaliser (définie dans le patch principal pour coordination avec d'autres modules), la taille du grain peut être définie en temps réel par le *bang* « *tap-tempo* » et un *fadeout* est inclus pour faire disparaître le son. Le « stretch » peut être fait en boucle en sélectionnant l'option *loop process* et finalement l'utilisateur peut choisir si la taille du grain est fixe ou si elle varie dans un intervalle défini (*go tempo changes*).

5.1.1.3.14 *LMetrain*

Il s'agit d'un module ajouté dans les dernières versions de son instrument. Il a été conçu pour créer des délais avec la possibilité d'intégrer une enveloppe à chaque itération. Le moteur a vingt voix simultanées avec des temps de retard différents et aléatoires. L'utilisateur peut définir ces temps de retard et la durée de la mémoire tampon qui seront envoyés à chaque voix pour effectuer les opérations d'enveloppement et de retard.

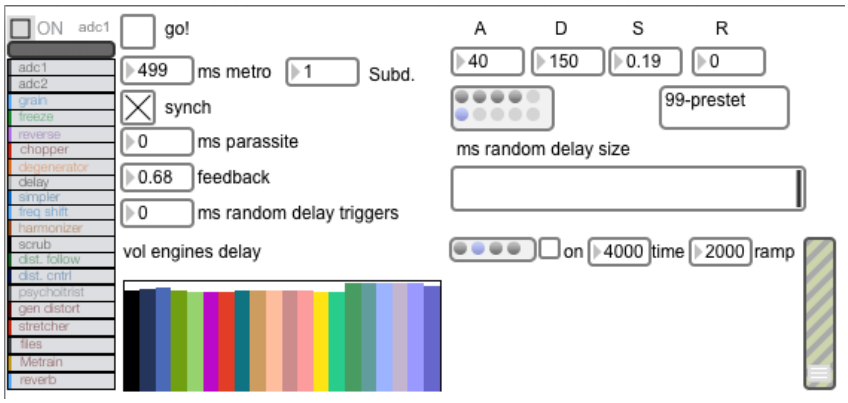


Figure 25 – Module *LMetrain*

Une valeur maximale pour le déclenchement est établie (*ms metro*) et elle peut être subdivisée (*Subd*) et, si besoin, synchronisée (recevant le tempo à partir du panneau principal). Une valeur parasite (*ms parassite*) force des itérations du délai avec la création d'une enveloppe sonore. Une valeur de rétroalimentation du système est ajoutée ainsi pour rendre le début des itérations aléatoire.

Des *presets* ont été établis avec des valeurs qui correspondent à des ambiances spécifiques souhaitées par le musicien : *chaos*, *grain*, *rythmical*, *atmosphere*, *99-prestet* (ce dernier a dû être créé spécifiquement pour le spectacle avec le groupe 99).

5.1.1.3.15 Reverse : *Lreverse*

Cet effet inverse un échantillon sonore redirigé depuis les autres modules. Le son d'entrée est enregistré dans une mémoire tampon et quand l'effet est déclenché par le musicien, la mémoire tampon est lue de la fin au début. Il s'agit d'un effet très simple mais efficace. La Figure 26 nous montre l'aspect simple de ce module. Sa partie visible à l'utilisateur est composée par les éléments transversaux au système : la spatialisation, le module de routage et la partie de contrôle de l'inversion du son. Pour le moteur sonore qui permet l'inversion de l'échantillon sonore, l'utilisateur doit juste indiquer le temps de lecture à l'envers. Le *reverse* est activé par un déclenchement à partir d'une touche définie dans le système.

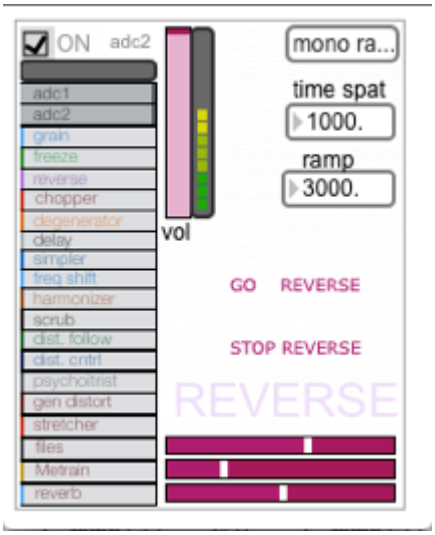


Figure 26 – Module *Lreverse*

L'efficacité et la simplicité de cet effet font que son utilisation est intéressante dans différents contextes. Bianchi Hoesch a utilisé différents contrôleurs pour déclencher cet effet.

5.1.1.4 Analyse générale des modules du système

L'une des caractéristiques flagrantes de son instrument numérique réside dans le fait qu'il mélange à la fois des modules dont il est l'auteur ainsi que des adaptations de modules créés par d'autres artistes ou luthiers numériques. Lors de la construction d'un module, Bianchi Hoesch effectue une recherche sur les options disponibles et réalise des tests de façon intensive pour trouver la sonorité qu'il cherche. L'importance est

dans la qualité sonore atteinte, et il peut faire évoluer les *patchs* d'autres luthiers et les adapter à l'esthétique qu'il souhaite construire. Contrairement à notre approche de lutherie – cf. Chapitre 7, il n'a pas la contrainte d'avoir construit intégralement son instrument. Nous avons vu, par exemple, que pour la spatialisation, Bianchi Hoesch a commencé par avoir une spatialisation qu'il avait construite lui-même. Il a ensuite adapté le *spat*, un module de spatialisation beaucoup plus puissant possédant une grande variété de possibilités techniques que son propre module n'avait pas.

Nous constatons que la construction des modules n'est pas uniforme, même si des sous-modules sont transversaux à tous les modules. L'accès aux paramètres, par exemple, est très différent d'un module à l'autre. Essayons de comparer les modules *LGrain* et *LGensynth* : dans le premier module tous les paramètres du grain sont accessibles et même le son chargé en mémoire peut être modifié ; dans le deuxième cas, le choix du *preset* sert à démarrer le processus et les paramètres disponibles à la manipulation sont simplement le contrôle du volume de sortie et l'ajout de la réverbération. Aucun autre paramètre ne peut être manipulé ou n'est accessible via le module. L'utilisation des interfaces gestuelles qui gèrent les paramètres explique cette option dans la construction des modules. En effet, certains modules d'effets n'ont pas d'interface gestuelle associée et l'accès aux paramètres est réalisé directement dans le module ce qui oblige à rendre cet accès plus explicite. Ces différences dans la conception des modules sont dues à l'objectif principal de chaque module : le travail de composition ou la performance improvisée. Ainsi, pour la composition, le détail devient plus important et l'accès aux paramètres doit être fin. Dans l'improvisation, il s'agit de privilégier le geste instrumental et le son résultant.

Son instrument évolue avec l'introduction de nouveaux modules et l'abandon de certains, ainsi qu'avec l'utilisation de nouvelles interfaces gestuelles qui donnent d'autres possibilités.

Nous pouvons remarquer son intérêt particulier pour l'utilisation des effets qui déconstruisent le son. Un exemple évident est l'effet de délai avec la ligne en retard dans différents modules, qu'il utilise pour itérer ou décomposer un son d'entrée. Nous constatons que dans son système il y a les modules *LDelay, LStretcher, LMetrain* et *LReverse*. En tant que générateur de son, mais toujours avec la ligne en retard comme base de manipulation sonore, on trouve aussi le *LGenSynth*. Via l'analyse des trois premiers modules, nous pouvons voir que le son est en transformation constante. Une

manière d'aboutir à cela est l'utilisation de l'aléatoire qui devient centrale dans son esthétique sonore. Il introduit dans ces modules des fonctionnalités qu'il ne peut (ou ne veut) pas contrôler, tel que les itérations variables dans le *LDelay* ou la taille du grain aléatoire dans le *LStretcher*. Cela crée une sonorité toujours différente, mais avec les mêmes caractéristiques, car le son d'entrée reste le même. Dans le cas de *LGenSynth*, il n'y a pas vraiment de fonctions qui créent de l'aléatoire, mais l'enchaînement des délais et des filtres rendent presque impossible le fait de savoir à l'avance à quoi ressemblera le son résultant. La granulation (*LGrain*) et le module de « dégénération » (*LDegen*) sont employés de manière similaire. La lecture aléatoire des grains ou la lecture à vitesses aléatoires d'un échantillon transforment le son de manière toujours différente.

Nous pouvons également noter une évolution dans la manière de produire les sons. Dans les premières versions de son instrument, il utilisait un seul échantillonneur (*Lsimpler*) pour le déclenchement des échantillons sonores, puis il en a progressivement ajouté d'autres. Dans la dernière version à laquelle nous avons eu accès, il utilise vingt-quatre échantillonneurs destinés à être déclenchés par ses nouveaux contrôleurs. D'autre part, il ajoute des modules de synthèse sonore pour produire le son (*LGenDist*), ce qui nous amène à conclure qu'il cherche progressivement à trouver une indépendance plus grande vis-à-vis des sons d'entrée (du traitement sonore), ce qui lui permet plus facilement d'être indépendant des sources sonores externes et ainsi par exemple de faire des performances en solo. Dans le cas de la musique mixte, cela lui donne la possibilité de créer un dialogue entre les sons qu'il produit et le traitement appliqué aux instruments.

5.1.1.5 Les interfaces gestuelles

La performance avec les instruments numériques a été questionnée par Bianchi Hoesch au cours de sa carrière comme performeur. Il a longuement testé une multitude de contrôleurs disponibles sur le marché (et dans le *DIY*), lors de performances et en studio, pour trouver la configuration où le rapport entre le geste et le son lui convenait le mieux. Cet artiste cherche dans les outils numériques une tension instrumentale équivalente à celle que nous pouvons trouver avec les instruments acoustiques. Le choix des interfaces est réalisé par la relation entre la tension (ou expressivité)

instrumentale que le contrôleur permet et la faisabilité des gestes qui conviennent à l'artiste[519]. Bianchi Hoesch préfère des interfaces où il y a un contact physique avec cet objet.

Le jeu instrumental de Bianchi Hoesch est actuellement effectué par l'utilisation simultanée de plusieurs interfaces gestuelles lors de ses performances. Il décide d'en utiliser certaines plutôt que d'autres selon les situations : il peut s'agir d'une nécessité d'expressivité, de confort et de confiance dans une interface déterminée, mais aussi de leur disponibilité[520]. Il est pertinent de mettre en évidence la quantité de contrôleurs que Bianchi Hoesch a utilisé au cours des années : nous avons remarqué l'utilisation de treize contrôleurs qui ont été adaptés à *Elle*. Une question pertinente à ce point serait de savoir comment adapter à chaque fois son système à chaque interface. Autrement dit : comment créer l'unité de *mapping* pour chaque interface ? Est-ce que les modules concernés évoluent avec les possibilités du contrôleur où est-ce le lien instrumental qui s'adapte à la configuration du module ? Avec *Elle*, dans la majorité des nouvelles situations, le contrôleur est dédié à un module spécifique, sans que des changements y soient effectués. Chaque contrôleur a ses caractéristiques spécifiques et un changement dans un module implique la redéfinition et le réapprentissage des modes de jeu. Pensons au changement de l'interaction pour le module *Lscrub* de l'interface *Wacom* à la *LeapMotion* : dans le premier cas le « balayage » est effectué avec le stylo, dans le deuxième cas il est réalisé avec la position de la paume de la main et les paramètres avec les doigts.

Il s'agit de deux typologies différentes de contrôleurs alternatifs : un contrôleur tactile et un contrôleur immersif respectivement. Pour exécuter les actions qui produisent le même résultat sonore, il faudra un temps exceptionnel pour le réussir. Néanmoins, avec le même module, il pourra obtenir une nouvelle sonorité, car un geste différent rendra le son différent. Bianchi Hoesch, effectivement, cherche ces particularités dans les différents contrôleurs qu'il expérimente et essaye de trouver le geste expert avec les différentes interfaces. Le résultat sonore ainsi que le rapport entre sa personnalité et le geste instrumental vont définir si le changement d'interface se révèle intéressant.

---

[519] Cela peut être du à des questions de goût personnel, des limitations physiques, etc.,

[520] Il développe ses projets dans plusieurs pays, et parfois il est simplement plus pratique d'utiliser certaines interfaces qu'il possède déjà dans le lieu où le projet est développé.

Il est possible d'utiliser plusieurs interfaces en même temps avec *Max/MSP*. Pour cela, il suffit de bien choisir l'interface pour établir la relation entre le *mapping* et le module correspondant. De même, il est possible d'utiliser plusieurs modules audio avec la même interface gestuelle en faisant un *mapping* divergent de la façon qui s'ajuste le mieux au module. Nous pouvons observer cette utilisation par Bianchi Hoesch, par exemple avec la *Wacom* où le même geste manipule le module *LDist-C* et le *LGendist*.

Nous avons construit le Tableau 1 avec les interfaces gestuelles et les modules que chaque interface gère. Dans ce tableau, nous voyons le début d'utilisation de chaque contrôleur avec l'année et la version d'*Elle*, mais nous ne connaissons pas le moment exact où Bianchi Hoesch a arrêté d'utiliser un contrôleur donné. En effet, dans l'analyse du *patch*, nous remarquons que Bianchi Hoesch ne retire pas le *mapping* des données d'un contrôleur qu'il ne pense plus utiliser. Nous avons constaté des *mappings* dupliqués dans plusieurs contrôleurs. Cela est dû au fait qu'il peut être nécessaire d'utiliser à nouveau un contrôleur qu'il a considéré précédemment comme obsolète, et se révélant utile dans une situation particulière[521].

Nous allons analyser la façon d'utiliser les interfaces gestuelles dans le système *Elle*. Nous nous concentrerons sur les interfaces qui permettent des modes d'expressivité plus grande que des simples états *on/off* ou des potentiomètres qui varient entre 0-1. Pour cela nous avons les contrôleurs alternatifs immersifs ou mixtes : *Nintendo Wii* et la *leapMotion*, et les alternatifs tactiles : la *Wacom*, et le *QuNeo*.

5.1.1.5.1 Nintendo Wii

Une des interfaces qu'il a utilisées dans un certain moment (2009) a été la *Wiimote* de la *Nintendo* Wii (avec le *Nunchuk*) comme transducteur du geste instrumental pour son système *Elle*.

L'échange d'informations entre la *Wii* et l'ordinateur est réalisé par le protocole de communication *Bluetooth* et nécessite un logiciel comme l'*OSCulator*[522] pour que le

[521] Il sera peut-être pertinent de noter que dans les versions de *Max/MSP 5* à *Max 7*, ce travail de correspondance entre les contrôleurs MIDI/OSC ne pouvait être réalisé automatiquement tels que cela est le cas dans d'autres logiciels comme *Ableton Live* ou *Resolume*. Il s'agissait d'un travail fastidieux pour l'envoi, la réception et l'adaptation aux bonnes valeurs des moteurs sonores. À partir de *Max 8* cette fonctionnalité est disponible.

[522] Pour plus d'informations sur le fonctionnement d'*Osculator*, cf. « OSCulator », https://osculator.net/, consulté le 2 septembre 2019.

système de Bianchi Hoesch reconnaisse les données envoyées par la *Wii*. Dans *OSCulator*, l'utilisateur peut choisir comment les données seront envoyées à *Max/MSP*.

Comme le nom du logiciel l'indique, le protocole *OSC* est une des façons de communiquer avec les logiciels, mais la norme MIDI est aussi présente. *L'OSCulator* permet d'attribuer les *Control change* et les canaux MIDI à chaque paramètre de la *Wii*, c'est-à-dire que les différentes fonctions de la *Wii* n'ont pas de valeurs par défaut que le logiciel interprète ; l'utilisateur peut les définir selon ses besoins.

Bianchi Hoesch utilise en effet cette norme comme protocole de communication entre la *Wii* et le système *Elle*. L'avantage de l'utilisation du MIDI par rapport à l'*OSC* est probablement la possibilité de pouvoir changer d'interface sans avoir besoin de redéfinir le *mapping* (ici les différents *Control change* et canaux MIDI pour chaque fonction de la *Wii*).

L'utilisation de la *Wii* s'est résumée au contrôle des effets *freeze*, *reverse*, *shifter*, *harmonizer* et *reverb*. Une des situations où nous avons pu constater l'utilisation de ce contrôleur par Bianchi Hoesch a été lors des improvisations avec le trio composé par François Couturier (piano), Jean-Marc Larché (saxophone soprano) et bien sûr Lorenzo Bianchi Hoesch[523]. Avec la télécommande, Bianchi Hoesch sélectionne les endroits où réaliser les *freeze* dans les sons d'entrée en appuyant sur les touches *left, up* et *right* (il peut utiliser l'effet avec trois instances). Le *down* est dédié à l'arrêt de l'effet. La touche A est assignée au *reverse*. Ce sont des contrôles qui pourraient être réalisés avec toute sorte d'interfaces avec des boutons, mais qu'il utilise via la *Wii* pour pouvoir les actionner en même temps qu'il utilise les autres potentialités du contrôleur. En effet, l'expressivité de cette interface est réalisée par les possibilités du mouvement du contrôleur dans l'espace XYZ. L'accéléromètre et la position dans l'espace de la télécommande permettent ces fonctionnalités.

Bianchi Hoesch utilise donc l'accéléromètre pour contrôler la quantité de transposition (avec le module *LShifter*) à ajouter au son original. Ce contrôle est fait à partir de la régulation de l'amplitude de la transposition. Nous pouvons voir que Bianchi Hoesch utilise un niveau intermédiaire de *mapping* pour le lien entre le geste et cette quantité de transposition. Dans ce module intermédiaire, il obtient ce qu'il appelle l'énergie du

[523] https://youtu.be/oyGH50zY4fc et https://youtu.be/mc5VRtXXfjM

mouvement de la *Wii*. Plus l'énergie est utilisée dans le mouvement, plus la transposition est ajoutée au son original. Cette énergie est calculée par la différence entre la position actuelle de la télécommande et celle de l'instant précédent. Plus le mouvement de la *Wii* sera rapide, plus la valeur de ce calcul sera grande.

Hoesch utilise trois transpositions correspondant aux trois axes X, Y, Z. Ainsi, les mouvements dans l'axe actionnent une transposition et les mouvements obliques actionnent deux transpositions. La valeur de la transposition est déclenchée par un autre bouton de la *Wii* avec des valeurs aléatoires. Le *Nunchuk* est utilisé pour le contrôle de la quantité de la réverbération à ajouter au son. Dans ce cas, les valeurs de la *Wii* sont immédiatement converties en quantité de réverbération à ajouter aux sons auxquels l'effet est associé.

Une dernière action réalisée avec la *Wii* consiste à contrôler la fréquence de coupe d'un filtre appliqué aux sons manipulés. Un *mapping* direct est utilisé où les valeurs obtenues par la position de la télécommande (dans ce cas c'est le *pitch pry* qui est utilisé) sont adaptées au spectre fréquentiel (ici Bianchi Hoesch utilise de 40hz à 3000hz).

Nous pouvons voir que la *Wii* a été largement testée dans *Elle* et Bianchi Hoesch l'a explorée à plusieurs occasions. Cependant, il abandonne ce contrôleur et son expérience avec la *Wii* va lui donner les arguments dont il avait besoin pour mettre en cause l'utilisation des interfaces où ce type de geste serait utilisé.

5.1.1.5.2 *Wacom*

Ce contrôleur a été conçu pour les professionnels qui ont besoin de travailler avec l'écriture ou le dessin directement sur un ordinateur (par exemple sur GIMP[524]). Il a été adapté pour être utilisé en tant que contrôleur pour *Max/MSP*[525,526] dans le but d'explorer de nouvelles interfaces pour la création musicale. Il s'agit de profiter du geste expert (voir note en bas de page 499) dont parle Risset dans la maitrise d'un instrument de musique. Les milliers d'heures de travail pour assimiler ce geste avec le

[524] « GIMP - GNU Image Manipulation Program », https://www.gimp.org/, consulté le 10 mai 2019.

[525] Richard DUDAS et Stefania SERAFIN, « An Alternative Controller for a Virtual Bowed String Instrument », *in* Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou.

[526] Jean-Michel COUTURIER, *Utilisation avancée d'interfaces graphiques dans le contrôle gestuel de processus sonores*, *op. cit.*

stylo ont déjà été réalisées depuis l'âge de 3 ou 4 ans, quand l'enfant commence à dessiner avec ce type d'outil. L'adaptation du geste déjà expert de l'écriture au stylo à la musique a été profitée par les luthiers numériques. La *Wacom* est donc un contrôleur duquel le luthier numérique peut attendre une grande précision d'utilisation. Les caractéristiques techniques de la *Wacom*[527] sont beaucoup plus intéressantes que celle des contrôleurs MIDI existants (à la date où il commence à utiliser le contrôleur)[528] ce qui amène plusieurs artistes à l'adopter comme interface gestuelle.

En analysant les différentes versions d'*Elle*, nous constatons que ce contrôleur a été expérimenté avec plusieurs modules. Nous avons mentionné auparavant le *LScrub*, mais d'autres sont utilisés tels que le *LDistC* (page 222) ou le *LGensynth* (page 226). Le contrôleur peut être bien sûr utilisé simultanément dans plusieurs modules. Le *mapping* divergent peut être fait de manière à ce que le geste manipule différents paramètres de différents modules. Dans une dernière version à laquelle nous avons eu accès, la *Wacom* avait la possibilité de contrôler les deux modules que nous venons de citer. Le même geste dans la surface du contrôleur *Wacom* déclenche les sons de ces modules. Le *mapping* vers les deux modules est appliqué différemment. En regardant ce lien instrumental, dans le *LDistC*, le geste est utilisé pour manipuler la quantité du son direct, le son réverbéré et la fréquence centrale. La pression du stylo est « mappée » directement à l'amplitude du son : avant l'appui avec le stylo dans la surface la pression est nulle donc il n'y a pas de son ; il y a une relation directe entre la fréquence centrale et l'axe Y du contrôleur allant de 9 Hz à 12 544 Hz ; finalement, pour la réverbération il crée un niveau intermédiaire de calcul pour définir la quantité de son réverbéré. Ce niveau intermédiaire permet d'avoir une courbe logarithmique au lieu d'une fonction directe. Le contrôleur dans le cas de *LGensynth* est utilisé pour manipuler une fonction de probabilité réalisée avec l'objet *nodes* de *Max/MSP*. Encore une fois, le *mapping* est divisé en deux niveaux. Les coordonnés XY de la *Wacom* sont transformées avec cette fonction en quatre valeurs qui deviendront les paramètres de la synthèse.

Dans le deuxième cas d'utilisation de la *Wacom*, le geste change directement les

---

[527] Des exemples d'utilisation de ce type de contrôleurs son présentés dans Michael ZBYSZYNSKI, Matthew WRIGHT, Ali MOMENI et Daniel CULLEN, « Ten Years of Tablet Musical Interfaces at CNMAT », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2007, New York City, NY, United States, pp. 100–105.

[528] Pour une description détaillée de la précision de ce contrôleur, cf. *Ibid.*

paramètres des deux synthétiseurs. Il donne la possibilité de choisir les modules qui seront contrôlés par la *Wacom* en associant des boutons du contrôleur pour associer ou dissocier les modules à son geste. Nous pouvons analyser l'utilisation de la *Wacom* dans sa performance à la Gaité Lyrique en 2012. Il écrit à propos de sa performance sur le site *web* des projets de *Cycling74* :

> « All the electronic music is composed end performed with Max-msp. In this particuar case the patch that i'm controlling with the Wacom interface it's a Gen~ patch that uses several delay lines of very small amounts of samples. there's also a little moment where, with the same wacom, i'm using a superVP.ring patch. enjoy[529]. »

Nous n'avons pas remarqué l'utilisation du *superVP.ring* dans l'instrument de Bianchi Hoesch, ce qui veut dire qu'il ajoute des objets à certaines occasions pour créer ponctuellement des effets.

5.1.1.5.3 Leap motion

Dans les dernières versions d'*Elle*, nous avons remarqué l'ajout de la *Leap Motion*[530] pour contrôler le module de *scrub*. : la position dans l'axe X de la paume de la main donne la position de scrub dans le fichier sonore ; la position dans l'axe Y des doigts est attribuée aux paramètres du scrub : l'index transforme l'enveloppe spectrale, le majeur est responsable de la transposition, l'annulaire de la quantité de sinusoïdes et l'auriculaire de celle du bruit. Avec une seule main, le musicien peut contrôler plusieurs paramètres en même temps, ce qui rend l'utilisation de ce dispositif beaucoup plus efficace par rapport à la *Wacom* où il y a seulement la possibilité de contrôler deux dimensions. Pourtant, Bianchi Hoesch a abandonné l'utilisation de ce dispositif, car il a préféré le contact physique avec le stylo de la *Wacom*. En effet, après avoir expérimenté plusieurs interfaces gestuelles, Bianchi Hoesch se rend compte qu'il a besoin des contrôleurs alternatifs tactiles. Les contrôleurs immersifs ne lui convenaient pas car il ne trouvait pas intéressant de réaliser un balayage des mains sur une table.

---

[529] « Project: Live at Gaité Lyrique », *Cycling '74*, https://cycling74.com/projects/live-at-gaite-lyrique/, consulté le 22 juillet 2018.

[530] « Leap Motion », *Leap Motion*, https://www.leapmotion.com/, consulté le 15 mai 2019.

5.1.1.5.4 QuNeo

Il existe plusieurs contrôleurs MIDI avec des pads qui fonctionnent comme des boutons variant entre 0 et 1. Le *QuNeo* a ajouté deux fonctionnalités intéressantes à cette simplicité des pads. Il permet de détecter la pression du doigt sur le pad et de relever les coordonnées XY du point pressé sur le pad. Ainsi à partir du pad présentant un seul paramètre avec simplement deux valeurs, *QuNeo* a ajouté les dimensions habituelles du MIDI présentées dans d'autres objets tels que le potentiomètre (les valeurs de 0127).

Le *QuNeo* est utilisé dans *Elle* surtout comme interface gestuelle pour la manipulation des échantillons. Il est utilisé aussi pour le module *Lstretcher*, pour la réverbération et le *reverse*. Pour les échantillons, chaque pad du *QuNeo* a son interface de *mapping* pour l'envoi des coordonnés XY, de la pression du doigt et du *slideout*. Un *mapping* direct est utilisé avec les variables des modules. Bianchi Hoesch assigne les coordonnés des axes aux paramètres de position du son dans la spatialisation du système (actuellement dans le spat de l'Ircam) ; la pression du doigt contrôle l'amplitude de l'échantillon et la vitesse de lecture de l'échantillon ; et le *slideout* (paramètre général du contrôleur) le *smoothing* du relâche du doigt sur le pad.

Tableau 1 – Évolution des contrôleurs dans *Elle* au cours des années

contrôleur / module	Scrub	DistC	échantillon	Simpler	Freeze	Reverse	Harmonizer	Reverb	Gendist	Strechter	Delay	Metrain	spat GRM	Dist	Shifter
Nintendo Wii					2012	2012	2012	2012							2012
Wacom	2012	2012.0.7							2014						
Nanocontrol			2012										2014.0.6		
BCF2000	2014	2014(vol)	2012		2014	2014		2014(vol)	2014(vol)		2014(vol)				
Nanocontrol2			2016.1.8												
Korg Nanokey				2012											
Trigger finger			2012												
iPad (TouchOSC)	2012														
QuNeo			2014.0.6			2014.0.6		2014.0.6		2014.0.8					
Keyboard		2015.1.1					2015.1.1								
LeapMotion	2015.1.0														
AkaiMPD32			2016.1.3									2016.1.3			
Akai Midimix	2016.1.8 (vol)	2016.1.8 (vol)	2016.1.8		2016.1.8	2016.1.8 (vol)			2016.1.8 (vol)	2016.1.8 (vol)	2016.1.8 (vol)	2016.1.8			2016.1.8

5.1.1.6 La dimension esthétique du compositeur

L'analyse de l'instrument de Bianchi Hoesch peut nous fournir beaucoup d'informations sur le rendu sonore de l'instrument et sur sa manière de penser le son et la performance. L'étude des modules de son instrument montre qu'ils sont fabriqués de manière à ce que le son puisse avoir une évolution continue. Effectivement, dans sa musique la répétition est constamment évitée et il cherche des relations non linéaires entre les différents moments. L'imbrication sonore rendue possible par son système de routage du son confirme l'observation selon laquelle chaque module peut devenir la source sonore d'un autre module. La complexité de sa musique montre qu'il explore cette caractéristique de son instrument lui permettant de composer le son en plusieurs strates. Par exemple, l'utilisation de deux modules en même temps avec la même interface gestuelle provoque cette superposition de deux strates avec le même geste. À cela nous ajoutons la morphologie interne du son qui dans le cas de Bianchi Hoesch a souvent un spectre bien large. Ce sont des caractéristiques qu'il cherche pour obtenir une sorte de polyrythmie entre les différentes strates sonores qui sont diffusées en même temps. Cette envie d'une évolution continue est bien visible dans la manière dont il a construit les modules. Par exemple, dans le *LDelay* la rétroalimentation des itérations avec la lecture continue provoque une transformation du son en continu. Le *LDegen* est un autre exemple de cette même envie de Bianchi Hoesch. À chaque itération la lecture de l'échantillon sonore est réalisée différemment.

Une autre caractéristique esthétique que nous pouvons retirer de l'analyse de son instrument est le travail sur le matériau sonore. Les modules qu'il utilise pour la performance ne sont pas pensés pour que les paramètres soient manipulés dans le détail. Par exemple, les valeurs de la rétroalimentation ou des filtres dans *LGenSynth* ne sont pas accessibles et configurables. Le *mapping* divergent utilisé encapsule l'accès à ces données et tous les calculs réalisés. L'utilisateur est donc censé découvrir par le geste les possibilités instrumentales du module. Toutefois, la transformation continue du son rend cette tâche plus difficile. Nous concluons donc que cela n'est probablement pas l'intention de Bianchi, qui recherche une sonorité spécifique dont le geste favorise davantage la transformation récurrente du son.

Le son n'est pas élaboré dans le détail de la progression motivique comme nous

pouvons l'observer dans les musiques de recherche contemporaines, mais il est réalisé par des blocs où la densité sonore est importante. Le nombre d'oscillateurs (90) dans les modules *LDist* atteste la densité souhaitée par Bianchi Hoesch. Cette densité sonore est aussi remarquée par le type d'échantillons sonores utilisés. Dans *LGenSynth*, la synthèse sonore est réalisée à partir d'un petit échantillon de bruit blanc. Le résultat du traitement repose sur cette densité sonore de base.

Pour vérifier ces aspects que nous venons d'expliquer, nous avons construit une interface gestuelle pour explorer le moteur sonore d'*Elle.* Nous avons utilisé la même interface gestuelle de notre instrument numérique : l'*iPad* avec l'application *Liine Lemur*[531]. Dans la mise en place de cette simulation on a été confrontés à une différence entre l'ensemble des données envoyées par les interfaces de Bianchi Hoesch et celles envoyées par la notre. Cet exemple montre ainsi la problématique de la création du lien instrumental (*mapping*) et de l'adaptation (ou évolution) vers une nouvelle interface.

Figure 27 – Émulation des interfaces gestuelles de Bianchi Hoesch (*Wacom* et *QuNeo*)

Nous espérons montrer comment les gestes utilisés par Bianchi Hoesch, avec ses interfaces gestuelles, construisent des sonorités très complexes et non linéaires. La

[531] Notre interface gestuelle sera exposée en détail dans le Chapitre 6 et 7. Dans ce paragraphe nous faisons abstraction du détail des objets utilisés.

Figure 27 représente l'interface de jeu que nous avons construit pour reproduire deux interfaces gestuelles : la *Wacom* et le *QuNeo.* Nous avons projeté le *pad* tactile de la *Wacom* et huit (au lieu des seize) des petits pads du *QuNeo.* Nous avons ajouté trois potentiomètres verticaux dédiés à l'amplitude des modules que Bianchi Hoesch utilise avec l'*AkaiMidiMix.* Dans notre essai on perd une dimension expressive et importante présente dans ces deux contrôleurs : la pression exercée sur le *pad* tactile, inexistant dans *l'iPad*. Pour compenser cette dimension perdue, nous avons construit une pression artificielle. La pression est donc obtenue par le nombre de doigts utilisés dans l'espace de jeu. Nous profitons du fait que dans la *Wacom* et le *QuNeo*, les pads sont utilisés avec un seul stylo ou un seul doigt. Ainsi, si la pression correspondait à un intervalle entre 0 et 1, sans doigts sur la surface correspondra à la pression 0 et avec cinq doigts correspondra à la pression 1. Cependant, nous ne pouvons pas obtenir toutes les valeurs intermédiaires directement. Pour que la pression ne reste pas figée dans une des cinq positions possibles, nous ajoutons une petite valeur aléatoire (entre 0 et 1). Le *mapping* original des axes XY reste inchangé. Les modules que nous utiliserons pour cette simulation sont le *LGenSynth*, le *LDistC* et le *LScrub* pour le grand espace de jeu. Pour les *pads*, nous utiliserons les échantillonneurs du panneau principal. À noter que la taille des *pads* ne permet pas d'insérer plus d'un doigt dans l'espace de jeu. Nous avons donc rejeté la pression dans les échantillonneurs. Ainsi c'est l'axe Y qui permet la manipulation de l'amplitude de la reproduction des échantillons. Nous renvoyons à l'exemple multimédia 3.[532]pour montrer le résultat sonore de cette simulation.

La création et expérimentation avec cette interface n'ont pas pour objectif d'obtenir un geste « expert » dans l'utilisation d'*Elle*, mais d'illustrer musicalement la complexité spectrale et la non-linéarité que ce système engendre. D'ailleurs, par une analyse fine de la relation entre le geste et le résultat sonore, il est clair que nous n'avons pas la virtuosité dans l'utilisation de chaque module. En effet, la non-linéarité des modules a pour conséquence que nous n'avons pas la certitude du son que résultera de notre geste. La superposition des modules avec le même geste rend cette incertitude exponentielle. Ce sentiment est évident lorsque nous baissons l'amplitude d'un module et le son résultant des autres modules est différent de ce que nous attendons.

[532] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/iIGc221EiWo

D'une part cette caractéristique rend difficile la conception d'une macroforme pour certains paramètres, car le résultat à chaque moment est imprévisible. Par exemple, le cheminement des structures dans le détail de la composition du spectre s'avère compliqué à achever. D'une autre part, cette imprédictibilité nous oblige à retourner aux origines de l'improvisation, à réagir à l'imprévu, l'instant même du son et suivre chaque moment de la performance. Dans cette expérience, nous avons réussi à trouver une forme à partir du choix des modules à utiliser à chaque moment (à travers l'utilisation des potentiomètres d'amplitude). Ainsi, au lieu de chercher une évolution contrôlée à l'intérieur de chaque module (ce qui s'est révélé impossible), nous avons développé l'improvisation par des blocs en faisant apparaître ou disparaître la sonorité de chaque module ou des échantillons.

L'utilisation des échantillons change cette imprévisibilité car le son stocké dans la mémoire tampon est figé. Dans le cas des échantillons de courte durée (tel que nous avons utilisé), le résultat devient rapidement très répétitif, ce qui contraste avec les autres modules. Toutefois, *Elle* a des moyens de faire de sorte à que le son soit toujours différent comme nous avons remarqué à plusieurs reprises. Ainsi, pour être cohérent avec l'utilisation des autres modules, nous avons ajouté à l'échantillonneur le module *Ldelay*. L'audio résultant des pads est envoyé à ce module que nous avons utilisé avec les temps de délai qui varient en continuation et la lecture à vitesse variable des deux mémoires tampon rend l'utilisation des échantillons imprévisible de la même manière que les modules *LDistC* et *LGenSynth.*

La construction ou l'adaptation de l'instrument sont importantes pour l'esthétique du musicien. Lors de notre rencontre avec Bianchi Hoesch, celui-ci nous explique que dans son travail futur il aimerait bien changer cette esthétique ancrée dans l'instrument pour une esthétique contrastée, une esthétique de simplicité. Si dans certains modules il suffira de redéfinir les valeurs des *presets* (par exemple réduire le nombre d'oscillateurs dans *LDistC*) d'autres modules (tels que le *LGenSynth*) devront être repensés.

5.2 Improviser en binômes : le collectif Unmapped

La présente section présente le travail créatif de l'ensemble où nous avons commencé à nous produire dans les performances improvisées. Dans les prochains paragraphes, nous faisons la description des processus de création à l'intérieur de l'ensemble à partir de notre expérience dans le groupe, mais aussi à partir des discussions et entretiens que nous avons effectués avec les membres de l'ensemble.

Unmapped est un collectif de compositeurs-improvisateurs, reposant aujourd'hui sur un réseau international (France, Italie, Portugal, Grèce, Espagne, Allemagne, Brésil, Venezuela, États-Unis, Canada). À géométrie variable, le collectif se compose aujourd'hui de onze membres permanents, souvent complétés par différents collaborateurs, musiciens et artistes originaires du monde entier.

Le projet a été fondé en 2007 par des étudiants de l'Université Paris 8, qui gravitaient dans l'entourage du Centre de recherche informatique et création musicale (CICM) sous le guide d'enseignants comme Horacio Vaggione, Jose Manuel López López, Anne Sèdes ou Guillaume Loizillon. *Unmapped* est à l'origine un petit ensemble d'improvisation, constitué de cinq musiciens. L'ambiance fertile des rencontres à l'université Paris 8 a permis à différents étudiants-musiciens de participer à cette expérience collective d'improvisation. Cependant, cet ensemble d'origine académique, inséré dans le contexte de la durée du cursus universitaire s'est confronté dans le temps à la pérennisation de l'effectif. En effet, après un ou deux ans les étudiants, souvent provenant d'autres villes / pays, quittaient Paris à la fin de leurs études, ce qui empêchait une intégration stable dans le collectif. En 2010, lors de notre entrée dans le collectif il y avait une configuration stable et constituée par neuf membres. En 2012, le collectif comptait déjà avec les onze musiciens actuels. La structuration du collectif s'est réalisée avec la constitution en association culturelle loi 1901 : cela a conduit davantage à une certaine stabilité et au format d'activités qui se développent actuellement. L'association a été créée en 2013 avec Julien Vincenot comme président, William Goutfriend comme trésorier et Thomas Vittek comme secrétaire, tous musiciens de l'ensemble *Unmapped*.

Concernant le propos du collectif, le contexte académique, les relations des membres avec le milieu de l'improvisation, avec les nouvelles technologies et surtout la curiosité

accrue pour ce sujet a fait que le collectif avait été conçu à l'origine comme un laboratoire, où les discussions et l'expérimentation prenaient une forte importance. Les membres d'*Unmapped* donnaient une attention toute particulière aux technologies les plus avancées et à l'interactivité personne-machine. Si, au départ, il s'agissait surtout d'un besoin de découverte des solutions pour atteindre les propos d'*Unmapped*, rapidement, la technologie est devenue centrale dans l'approche de l'ensemble.

L'objectif est devenu celui de développer un langage propre, personnel et original, à l'aide des différents instruments, acoustiques ou numériques. Pour cela, les membres d'*Unmapped* ont toujours cherché un équilibre entre deux approches : d'une part, l'expressivité d'une approche intuitive, et d'autre part la dimension opératoire de l'écriture.

Unmapped part de la performance et de l'improvisation comme matériaux privilégiés, et d'une interaction étroite entre les différentes typologies de gestes instrumentaux et leurs transformations par le numérique. L'idée principale, à savoir la recherche d'une musique vivante et organique, non synthétique en apparence, a mené le collectif vers une pratique expérimentale explorant diverses manières d'improviser et de communiquer entre les musiciens. Travaillant à la fois l'improvisation collective et la composition sans jamais les dissocier totalement, *Unmapped* a développé son propre univers poétique, caractérisé par un sens abstrait de la narration, et inspiré par les perturbations et l'enchevêtrement propre aux systèmes vivants. Deux disques d'*Unmapped* ont été édités par les labels parisiens *ELLI Records*[533] et *Tsuku Boshi*[534], et le disque promotionnel est disponible dans la plateforme soundcloud.com[535].

[533] « Unmapped - Fulgurite », *Elli Records*, https://www.elli.media/releases/unmapped-fulgurite/, consulté le 12 juin 2018.

[534] « Unmapped : The Plant », https://www.deezer.com/fr/album/9582634, consulté le 22 septembre 2019.

[535] « Promotional EP », *SoundCloud*, https://soundcloud.com/unmapped/sets/unmapped-promotional-ep, consulté le 12 juin 2019. : Nous renvoyons aussi à la page du projet au lien http://www.unmapped.xyz.

5.2.1 Un ensemble à géométrie variable

Le collectif *Unmapped* est composé par :

- Emanuele Battisti : synthétiseur *Virus*, synthétiseur analogique *Monotron* ;
- João Fernandes : instrument numérique ;
- Kevin Gironnay : guitare électrique, basse électrique, instrument numérique ;
- William Goutfreind : basson, instrument numérique ;
- Andrea Gozzi : guitares, pédales d'effets ;
- Jérémy Labelle : instrument numérique ;
- Dionysos Papanicolau : violon, guitare, instrument numérique,
- Gabriel Peraza : guitare électrique, basse électrique, violoncelle, instrument numérique ;
- Olavo Vianna : guitares, instrument numérique ;
- Julien Vincenot : instrument numérique ;
- Thomas Vittek : accordéon, instrument numérique.[536]

Il est important d'observer que tous les membres au cours de leur parcours à l'intérieur d'*Unmapped* ont expérimenté plusieurs configurations instrumentales et notamment l'utilisation des instruments numériques et/ou acoustiques. Depuis la naissance du collectif, il nous est possible de tracer une évolution dans certaines configurations instrumentales. Le début de l'ensemble a été presque « acoustique » comme nous pouvons voir dans la Figure 28. Goutfreind et Peraza ont préféré, à certains moments de leur carrière, se concentrer sur leurs instruments acoustiques et l'instrument numérique n'a plus été considéré dans leur dispositif d'improvisation. Vianna et Gironnay ont développé leur propre traitement numérique dans le but de pouvoir se produire également en solo. La production sonore de leur instrument acoustique est utilisée pour la constitution d'un binôme et, en même temps, elle est utilisée pour son instrument numérique. Les différents instruments numériques ont été construits et développés au cours des années au sein d'*Unmapped* et en parallèle avec les projets personnels d'improvisation et composition de chacun des membres. Cela a nourri énormément la réflexion sur la musique, la lutherie numérique et le rapport à l'improvisation.

[536] Nous pouvons remarquer que l'ensemble est totalement composé par des hommes. Lors de notre entrée au master à Paris 8, où cet ensemble s'est formé, nous avions seulement deux collègues du sexe féminin et elles n'étaient pas intéressées par l'improvisation musicale électroacoustique.

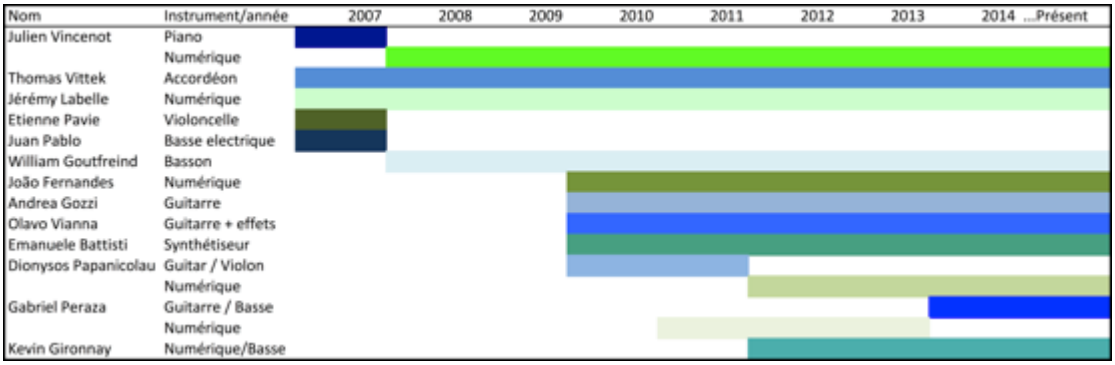


Figure 28 – La configuration d'*Unmapped* depuis son début

Unmapped se veut donc comme un ensemble à géométrie variable : les binômes de musiciens ne sont pas prédéfinis et les différentes combinaisons entre les instruments numériques et acoustiques peuvent être établies sans aucune règle spécifique. Ce couplage est établi pour chaque événement de l'ensemble : en concert ou répétition, cela varie selon la disponibilité des membres ou selon l'envie des instrumentistes d'une configuration particulière ou de renouveler le dispositif par rapport à d'autres événements passés. Parfois, le choix des instruments pour la constitution des binômes peut être effectué aussi en tenant en compte la manière dont certains traitements et effets de l'instrument numérique s'adaptent mieux à un instrument déterminé. Finalement, la formation qui se présente au public dans les performances est une conséquence du travail de répétition où s'établit et se consolide ce lien humain et musical qui va caractériser le binôme.

5.2.2 Caractérisation des binômes

Au sein d'*Unmapped*, l'interaction entre instrument acoustique et instrument numérique a été formalisée en premier lieu avec la notion de binôme. Celle-ci s'inspire dans une certaine mesure du concerto pour piano et orchestre de Jose Manuel López López[537], dans lequel le pianiste (du côté du clavier) et le manipulateur (du côté des cordes) sont considérés comme les deux faces d'un même instrument, permettant ainsi la création de sonorités nouvelles.

[537] « Concierto para piano y orquesta, José Manuel López López », http://brahms.ircam.fr/works/work/29887/, consulté le 9 juin 2019.

Le binôme, conçu comme l'interaction étroite et égalitaire entre le composant acoustique et celui numérique, se fait donc au service de l'émergence d'un instrument complexe. Les traitements effectués par le moteur sonore de l'ordinateur permettent une expansion du jeu de l'instrumentiste, en même temps que celui-ci permet à l'instrument numérique d'étendre son potentiel d'articulation. L'objectif du binôme peut être résumé dans les mots de Vaggione à propos de la composition musicale mixte, bien adapté à l'improvisation d'*Unmapped* :

> « Faire interagir les deux sources d'une façon très rapprochée au niveau du résultat sonore, mais aussi au niveau du processus de composition lui-même, en travaillant à partir de la même situation musicale, c'est-à-dire en assumant le postulat d'une possible convergence entre les mondes instrumental et électroacoustique, ou bien d'une vectorisation commune[538]. »

Plutôt que d'instrument, nous pourrions même parler de lien musical, humain, augmenté, tant la nécessité de connaître l'autre, son vocabulaire, sa manière de réagir est nécessaire pour que le binôme puisse fonctionner en situation d'improvisation. Cette relation privilégiée, quasi fusionnelle, entre instrumentistes acoustiques et numériques, a toujours été la principale préoccupation d'*Unmapped*, pour pouvoir atteindre une nouvelle forme de virtuosité « à deux ».

À l'inverse du schéma classique de la musique mixte, dans lequel les connexions entre les deux domaines, instrumental et électronique, sont plus ou moins figées dans leurs espaces respectifs, *Unmapped* envisage systématiquement un rapport poétique à la technologie selon le critère d'organicité. Les membres d'*Unmapped*, branchés en binômes, sont en constante interaction, à l'image d'un réseau modulaire.

Morreale et McPherson[539] montrent que très souvent les instruments numériques sont construits par les musiciens qui les jouent. Dans cet ensemble, la construction des instruments numériques et/ou l'adaptation des modules sonores aux interfaces gestuelles a été réalisée par les artistes toujours selon leurs préférences esthétiques, dans l'esprit de pouvoir bien traiter l'instrument acoustique, quel que soit cet élément. La conséquence de ce fait est visible dans les traits personnels ancrés dans le son de chaque instrument et qui vont postérieurement donner une couleur particulière au binôme dont

---

[538] Horacio VAGGIONE, « Perspectives de l'électroacoustique », *Chimères*, 2002, vol. 40, pp. 57–67, p. 65, 66.

[539] Fabio MORREALE et Andrew MCPHERSON, « Design for Longevity: Ongoing Use of Instruments from NIME 2010-14 », *op. cit.*, p. 193.

il fait partie. Ainsi, la multitude de combinaisons possibles pour la formation de binômes promeut un travail toujours différent selon la géométrie adoptée.

Les binômes dans *Unmapped* n'ont pas pour objectif la création d'instruments augmentés ou hybrides, mais plutôt celle d'une entité sonore composée par deux éléments qui interagissent sans cesse avec les mêmes intentions sonores. Cette entité est souvent guidée par le jeu de l'instrumentiste acoustique, mais les actions du musicien « numérique » accompagnent et soutiennent « par le bras » son collègue dans la construction d'un univers sonore commun.

5.2.3 La recherche de l'interaction en binôme

Mais comment fonctionne l'interaction à l'intérieur du binôme pour que la musique produite soit cohérente pour le couple et en « syntonie » avec le flux sonore de l'ensemble ? Jocelyn Bonnerave utilise la notion de territoire empruntée à Erving Goffman pour définir l'interaction musicale. L'interaction musicale selon Bonnerave

> « repose sur une confrontation de territoires dont la dimension sonore est hypertrophiée. Dit autrement : un musicien est un individu qui, dans l'exercice de sa pratique, est censé bénéficier d'un certain territoire sonore, variable en portée et en durée selon son degré de légitimité, et sous cette forme de production de sons éminemment culturelle qu'est la musique[540]. »

Dans le cas des binômes d'*Unmapped*, l'objectif de leur interaction musicale interne n'est pas la confrontation du territoire sonore de chaque musicien, mais plutôt la construction d'un territoire sonore commun aux deux. La réflexion sur le son est faite ensemble : il n'y a pas une dissociation entre les sons émis par chaque instrument. Les deux instrumentistes partagent la même intention créative par le moyen des interactions qui s'établissent entre eux, de manière à créer une signification musicale propre au binôme qui lui est spécifique. Dans des processus de coopération et coordination, le binôme enacte une signification propre et essaie de faire converger les deux mondes dans ce territoire, qui n'est rien d'autre que le résultat de l'historique de couplages réalisés dans les temps de répétition. Le binôme construit ainsi son identité unique et

[540] Jocelyn BONNERAVE, « Improviser ensemble. De l'interaction à l'écologie sonore », *op. cit.*

fragile.

La confrontation des territoires sonores pourra être considérée a posteriori, durant la performance, dans l'interaction entre les binômes pour nourrir le flux sonore de l'improvisation.

Ce territoire sonore est donc édifié de différentes façons. Dans une perspective pragmatique, nous pouvons affirmer que la connaissance profonde des instrumentistes à l'intérieur du binôme est fondamentale. Si cela est déjà très important dans tous les ensembles, dans l'improvisation, tel qu'elle est exercée par ce collectif, cela est vital. Il s'agit de bien connaître les modes de jeu, la technique instrumentale, les traitements et effets dans l'électronique, le matériel électronique (par exemple, le fait de comprendre le fonctionnement d'un potentiomètre et le résultat sonore de sa manipulation peut anticiper une action déjà connue), la réactivité des instruments, etc., mais aussi la personnalité des instrumentistes, les différents attributs des musiciens. La construction de ce territoire sonore est faite au cours des répétitions où le travail réalisé ensemble contribue à la création d'un vocabulaire musical propre au binôme. Il y a une action réciproque en continu dans l'interaction de chaque musicien qui vise à construire un univers sonore. Dans ce cadre, il faut aussi considérer que les musiciens construisent au fil du temps un historique de couplages structurels et peuvent aussi jouer dans l'anticipation des intentions d'action du partenaire, selon la connaissance de sa pratique musicale acquise antérieurement.

Nous tenons à rappeler que l'objectif du binôme n'est pas de construire un instrument augmenté où l'électronique aurait la fonction d'élargir les possibilités de l'instrument acoustique. Le but du binôme est de créer un son commun en essayant de fusionner au maximum les sonorités acoustiques (transformées ou pas) et les sons électroniques. Notons ici qu'une évolution des instruments numériques des instrumentistes de l'ensemble a eu lieu au cours des années : dans les premiers temps, les sources sonores étaient principalement les instruments acoustiques. Le son était enregistré et réutilisé en même temps qu'un traitement en temps réel était appliqué ; progressivement les instrumentistes numériques ont cherché une indépendance sonore avec l'inclusion de manières de générer eux-mêmes la source pour les traitements (soit par la synthèse, soit par l'utilisation des échantillons externes, soit par l'ajout d'instruments). La fusion avec les sons électroniques est réalisée par un travail de recherche autour de l'instrument acoustique. Dans le Chapitre 8, nous allons voir une solution possible par la

« recommandation d'échantillons » que nous avons implémentés dans notre instrument.

Pour *Unmapped*, l'indépendance créative de chaque musicien doit être maintenue et donc il n'y a pas une hiérarchie entre les instruments. C'est-à-dire que l'instrument numérique peut suivre tant les sons acoustiques comme l'inverse. Les deux musiciens peuvent déambuler à l'intérieur du territoire sonore avec le langage créé ou avec d'autres binômes. Par exemple, un des membres du groupe qui utilise presque toujours un générateur des clics (voir 5.2.6.2) assume ces sons que son instrument numérique lui permet, comme un trait caractéristique de sa propre esthétique. Les traits personnels sont ancrés dans les binômes ce que lui confère son identité et le rend unique. Le travail de construction du territoire sonore du binôme est effectué aussi par l'exploration et l'intégration de ces traits personnels dans les gestes des deux musiciens pour créer des automatismes et finalement une sonorité cohérente dans le binôme.

Il faudra aussi tenir compte d'autres situations d'interaction possibles, par exemple lors qu'un des instrumentistes du binôme décide de faire silence. Comme le flux sonore du binôme est avant tout réalisé autour de la sonorité de l'instrument acoustique, l'arrêt de l'électronique ne met pas complètement le binôme en péril. Sans avoir de moyens de prévoir cela, la situation inversée provoquerait éventuellement une coupure (non voulu) dans le binôme, car il s'agissait de la source sonore que l'instrument numérique utilisait pour son jeu. Nous pouvons voir ici la fragilité de l'autonomie du binôme. Pour qu'il n'ait pas à s'arrêter de jouer, il doit trouver des solutions pour continuer à jouer. Nous verrons dans l'analyse des instruments numériques qu'effectivement, ses opérateurs ont développé des manières de pouvoir se détacher de la source instrumentale. Des outils pour enregistrer le son de la source ou faire des traitements qui rendent le son continu (p. ex. ligne en retard avec rétro alimentation) compensent cette situation.

*5.2.4 Le processus créatif d'*Unmapped

Les binômes dans le système d'improvisation *d'Unmapped* sont un sous-système important pour la spécificité de l'ensemble. Les processus créatifs qui génèrent le flux sonore global de l'ensemble sont pourtant à décrire aussi. Nous décrirons maintenant comment se développe le processus au-dessus de la construction des binômes, comment les binômes interagissent entre eux et comment chaque individualité garde son identité

musicale à l'intérieur de toutes ces contraintes. Une des questions que nous nous posons est s'il existe une hiérarchie entre les interactions dans l'ensemble, c'est-à-dire, si un musicien privilégie l'interaction dans le binôme, avec un autre binôme, ou entre musiciens, sans rapport direct aux binômes.

5.2.4.1 Contraintes d'écoute

Pour répondre à cette question, il faudra d'abord mentionner les conditions de réception de l'information de la part des musiciens, c'est-à-dire, le système de diffusion du dispositif électroacoustique. En effet, les interactions musicales sont avant tout réalisées à partir du son et il est donc important d'avoir une bonne configuration du système de diffusion pour que le son global soit rendu correctement à l'écoute. Il serait impossible de répondre aux stimuli sonores si ceux-ci n'arrivaient pas dans les meilleures conditions. Il suffit par exemple que le son d'un binôme soit diffusé plus fort que le reste de l'ensemble pour contraindre les interactions du système. Ainsi, cette hiérarchie peut dépendre de la position des points d'émission sonore dans l'espace de la performance. La préparation des conditions pour la performance est donc très importante et non négligeable.

Nous avons vu que l'interaction constante à l'intérieur du binôme est nécessaire pour le maintien de son autonomie fragile et doit être surveillée incessamment. Nonobstant, si les instrumentistes n'arrivent pas à comprendre les signaux sonores, ils suivront d'autres signaux musicaux avec ceux dont l'interaction est possible. Enfin, même si l'autonomie du binôme est souhaitée, l'autonomie du système est cruciale. Le binôme pourra donc être sacrifié en faveur de la conservation de la cohérence du flux sonore global. L'utilisation des casques (par les instrumentistes numériques) est une alternative (moins intéressante, car il perd les autres signaux) si le système de diffusion ne permet pas la bonne compréhension de l'information, mais qui permet la perception en détail de son propre signal sonore. De même, la complexité possible du son résultant empêche sa compréhension quand il sort par une même sortie sonore (enceintes). Par exemple, nous nous sommes rendu compte que quand l'effectif de l'ensemble est nombreux, il est parfois difficile de comprendre qui est l'émetteur de chaque strate sonore de l'électronique. Ce problème n'a pas été résolu par l'ensemble. Certaines stratégies ont été essayées lors des répétitions afin d'éviter toute contrainte à une bonne écoute. Nous

verrons plus tard (paragraphe 9.2.1) que, dans la configuration de diffusion du son lors de la résidence artistique à Arzon, un système à quatre enceintes avec une double diffusion stéréo inversée a été mis en place. Avec ce schéma de diffusion, chaque musicien se situerait entre deux enceintes avec deux canaux stéréo (mais selon sa position les canaux sont inversés).

5.2.4.2 La construction d'une identité sonore

Le travail de répétition est très important pour le bon fonctionnement du binôme et dans ce sens, les membres d'*Unmapped* ne considèrent pas la notion d'improvisation où l'action serait totalement libre sans aucun a priori. En performance, certains éléments du système sont connus au préalable : les binômes sont créés et travaillés en répétition. Certaines performances peuvent (rarement) être basées sur un plan global (voir paragraphe 5.2.5), mais chaque élément doit rester dans la liberté de construire son discours. Le plan global avait, entre autres, la fonction de sélectionner les binômes qui jouaient à chaque moment et réduire momentanément la complexité structurelle. Cela rend possible une écoute active des musiciens « en silence » de la sonorité des autres binômes et ainsi pouvoir comprendre le son de chaque membre lors du jeu collectif. En effet, la musique de l'ensemble peut être très dense parfois avec une sonorité de chaque binôme très similaire. Sans ce type de conscience, la musique pouvait rapidement devenir un amalgame de gestes sans une direction concrète. Cette caractéristique n'est pas exclusive d'*Unmapped.* Nous pouvons remarquer un discours similaire dans l'*Electroacoustic Ensemble* de Parker :

> « To make the music work on the first album, it was sometimes necessary to point out that less is often more in this band. The reflex-quick interaction that characterises the Parker/Guy/Lytton trio could have only a limited role to play, if the blossoming electro-acoustic sound transformations of the electronic team were to have space to breathe. The priority, this time, was not to document the hyperactive virtuosity of the acoustic trio: that had been adequately addressed elsewhere. And as the musicians slowed down for a moment, some deeper listening seemed to be taking place[541]. »

La géométrie variable de l'ensemble a pour conséquence que, au cours des années, une multitude de combinaisons de binômes ont été réalisées. Les gestes instrumentaux des

[541] Steve LAKE, « Evan Parker Electro-Acoustic Ensemble », *op. cit.* §18.

instrumentistes et les différents types de traitement numérique deviennent connus par l'ensemble. D'une certaine manière, l'improvisation de l'ensemble devient l'exploration libre des caractéristiques connues de chaque instrument. D'ailleurs, dans l'esprit de laboratoire qui caractérise l'ensemble, chaque nouvelle fonctionnalité qui est apportée par un luthier, dans les répétitions, est discutée et testée avec les instruments acoustiques.

5.2.4.3 Les temporalités du numérique

Si dans les musiques mixtes écrites, les transformations sonores, les valeurs des paramètres peuvent être définies et réglées avant la performance, dans l'improvisation musicale, tout ceci est réalisé pendant la construction du processus créatif, c'est-à-dire dans le temps de la performance*, hic et nunc*. Les instrumentistes, ayant la conscience du temps de réaction minimale pour réagir aux différentes situations musicales, doivent préparer leurs instruments et avoir des méthodes efficaces d'interaction entre eux.

Le *faire face à l'imprévu* propre à ce type de création musicale oblige à ce que les actions de l'instrumentiste soient réalisées pendant la construction du processus créatif. Il n'est donc pas souhaitable que les manipulations soient préétablies et celles-ci doivent être disponibles pour le changement de ces paramètres en temps réel. Néanmoins, ces manipulations entraînent un certain temps de préparation pour faire arriver l'instrument à l'état souhaité par le musicien.

Une solution possible peut être celle de préétablir des valeurs (*presets*) qui peuvent être mémorisés dans le dispositif et leur faire appel quand nécessaire, ou naviguer dans des interpolations entre *presets* (je pense ici aux possibilités du *pattrstorage* dans *Max/MSP*). Mais encore faudrait-il prévoir toutes les situations possibles dans l'improvisation, ce qui serait assez couteux à réaliser. En tant que collectif, nous n'avons jamais considéré cette option[542], considérant que cela limiterait la créativité et l'évolution de la façon de jouer des musiciens. Ceux-ci ont toujours préféré réfléchir sur le moment aux types de transformation à effectuer.

Une solution employée parfois par les instrumentistes numériques pour compenser cette

[542] Cf. l'analyse de l'instrument de Vincenot (paragraphe 5.2.6.2) ou le notre (Chapitre 7)

lenteur (latence) d'action que la manipulation des paramètres peut entraîner est l'utilisation de différentes temporalités dans le traitement de l'instrument. Dans une première temporalité, le signal sonore à traiter est stocké dans une mémoire tampon pour une utilisation immédiate ou postérieure. Ainsi, plusieurs manipulations peuvent être réalisées sur ce tampon de mémoire sans l'exigence de la rapidité d'exécution. Dans une deuxième temporalité, des actions en temps réel sont entreprises. Celles-ci comprennent les traitements effectués directement sur le son d'entrée ou par le déclenchement des échantillons sonores. L'utilisation du temps réel dans les interactions à l'intérieur du binôme permet que la gestualité instrumentale ait une conséquence sonore immédiate qui facilite une compréhension du signal musicale. Toutefois, cela est possible lors de la bonne configuration de l'instrument numérique (avec une durée de réglages qui pourra varier selon les cas). La première temporalité pourra par exemple être un granulateur qui aura comme entrée de signal le son acoustique et un autre effet. Le granulateur, avec une mémoire tampon de quelques seconds avec des grains suffisamment grands, permet de prolonger le flux sonore de l'instrumentiste (comme un délai). Dans la temporalité du temps réel, l'autre effet est appliqué au son de l'instrument en même temps que l'effet entre dans le granulateur. Au granulateur sont affectées les deux entrées sonores, ce qui fait que les deux temporalités d'action sur le signal se rejoignent pour créer une cohérence sonore dans l'ensemble. Cela permet de créer une hétérophonie à partir d'un son d'entrée auquel il sera possible d'ajouter d'autres couches sonores pour créer une polyphonie.

L'évolution du flux sonore est le résultat de la mise en place de ces différentes temporalités et du choix des instrumentistes du signal musical auquel il s'engage. Le processus d'auto-organisation qui caractérise le système est un processus qui dépend de la façon dont ces temporalités sont établies et du suivi des signaux musicaux dans ces temporalités. Par exemple, si les binômes s'engagent dans le signal sonore de la temporalité du traitement via les buffers, l'auto-organisation sera faite dans cette temporalité plus lente. La mise en place d'un état du système dans une sonorité de granulation déclenchée par un instrument numérique sera plus lente que de produire un flux sonore avec des attaques envoyées par une guitare.

5.2.5 Un outil commun pour l'interaction

Le fait que tous ces improvisateurs aient une formation primairement de compositeurs a toujours incité les membres de l'ensemble à discuter certains points qui touchent les deux formes de création musicale. Une de questions de réflexion au cours des années de l'ensemble a été la gestion et l'organisation du temps dans les performances

A priori, dans l'improvisation libre, le temps de la performance n'est pas défini avant le début du jeu. Néanmoins, d'une part il existe (presque) toujours un temps défini pour l'événement et donc pour la (ou les) performance(s), et d'une autre part, il existe une intention de créer un spectacle intéressant pour le public. Les musiciens (surtout en début de carrière) sont amenés donc à avoir une préoccupation concernant la forme globale de l'improvisation. Il y a deux possibilités qui généralement sont proposées : une performance sans contraintes temporelles qui durera donc le temps du concert ou plusieurs « morceaux » découpés dans le temps disponible pour l'ensemble.

Dans les deux cas, la gestion du temps est importante pour éviter des situations non souhaitables voir gênantes, où par exemple les organisateurs du concert doivent faire signe à l'ensemble que le temps de performance est fini, ou éventuellement des tensions qui se créent avec les ensembles qui jouent ensuite. Ce sont des situations qui provoquent de coupures dans le flux sonore et dans la tension de l'improvisation. Parfois une gestion du temps de performance doit être réalisée artificiellement, par exemple avec l'utilisation d'un chronomètre. Les musiciens ainsi peuvent conduire ses modes de jeu et guider le flux sonore de l'improvisation vers les différentes phases de la performance.

Dans le cadre d'*Unmapped*, nous avons développé un système de gestion du temps très simple à travers un patch *Max/MSP*. L'idée était de créer un simple patch qui informe les musiciens du temps déroulé avec une barre horizontale (objet *multislider*) et un chronomètre facultatif affiché dans l'écran (voir Figure 29). La barre permet tout simplement d'avoir une idée des proportions temporelles abstraites dans la performance, ce qui permet une flexibilité de pensée que le chronomètre. Le musicien n'a pas besoin de faire des calculs pour se situer dans le temps de la performance, mais il a une idée de la durée.

Dans la façon la plus simple d'utiliser ce module, il est simplement nécessaire d'indiquer le temps de la performance.

Figure 29 — Patch pour la gestion du temps de performance

Le module est créé pour être utilisé en réseau où tous les ordinateurs sont connectés entre eux partageant ainsi la même horloge. Un module master coordonne le temps général de tous les ordinateurs. Si dans un concert, l'ensemble décide de faire plusieurs performances plus courtes, le patch permet de diviser le *multislider* en différentes parties pour que les musiciens soient tous dans la même gestion du temps.

Si à la base le système a été utilisé pour cette gestion du temps, l'ensemble a décidé d'explorer les possibilités du système pour résoudre d'autres problèmes liés à cette temporalité imposée que les musiciens doivent gérer. À partir de ce simple patch construit par Julien Vincenot, et partant des discussions de l'ensemble autour de son utilisation dans nos concerts, nous avons ajouté d'autres fonctionnalités utiles pour le dérouler de la performance.

Si dans l'improvisation libre, l'engagement de chaque musicien à chaque moment définit le nombre des musiciens qui participent dans le flux sonore, dans nos performances nous avons parfois décidé d'ajouter des contraintes pour ce paramètre. Ça a aussi permis à ne pas produire quelque chose d'imbitable du fait d'un trop grand nombre de musiciens. Saladin commente l'utilisation des partitions graphiques par les groupes d'improvisation pour les mêmes motifs :

> « Il s'agit donc, selon les musiciens, d'une part de se retrouver autour d'un objet commun afin d'organiser le jeu collectif. Si la partition suscite l'improvisation, elle est censée également, en tant que partition, assurer une cohérence collective. Comme l'exprime très clairement Thomas Lehn, un des musiciens de l'orchestre : "De par mon expérience plus il y a d'intervenants, plus l'improvisation devient difficile à tenir [...]". La partition en tant qu'élément partagé permet alors dans l'improvisation de "palier" au nombre important de musiciens. Elle catalyse ainsi dans la durée les individualités du collectif[543]. »

Ainsi, le patch permettait d'établir des sous-groupes où le moment que ceux-ci interviennent dans la performance était déterminé. L'idée était de donner des spécificités d'évolution du timbre par le choix des instruments et traitement dans la

[543] Matthieu SALADIN, « La partition graphique et ses usages dans la scène improvisée », *Volume ! La revue des musiques populaires*, mai 2004, 3 : 1, pp. 31-57, p. 51.

performance (par exemple donner l'espace à des solos instrumentaux ou de l'électronique). Ainsi le ce module de gestion temporelle a servi à indiquer le moment des entrées et sorties des musiciens du flux sonore. Ceci est fait à travers des indications textuelles dans la barre comme nous pouvons voir dans la Figure 30.

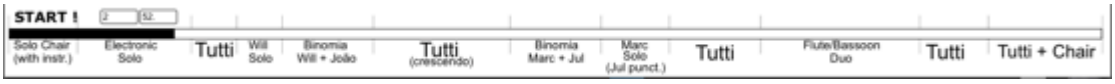


Figure 30 – Module de communication avec introduction manuelle de l'information

Les décisions temporelles et des sous-groupes pour chaque performance sont définis avant le temps de performance, mais avec l'ajout des possibilités de changement en temps réel du module il est possible de réaliser des ajustements de la structure. Le patch master permet d'envoyer à tous les ordinateurs connectés des informations textuelles au cours de la performance.

Les possibilités de ce système en réseau nous ont amenés rapidement à utiliser le patch pour définir d'autres paramètres musicaux. Ce système est aussi devenu une plateforme pour créer des partitions graphiques simples où il est indiqué non seulement les musiciens qui participent à chaque moment, mais aussi des indications telles que les textures utilisées ou des indications d'amplitude sonore telles que crescendo ou decrescendo.

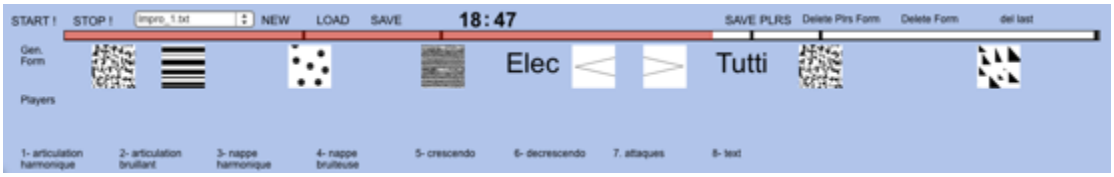


Figure 31 – Module de communication avec introduction des objets

Le patch permet ainsi que chaque musicien envoie des informations sur son mode de jeu à chaque instant. Cette information que le musicien partage avec l'ensemble peut servir à montrer le type de sonorité qu'il est en train de développer. Ceci peut être important dans les cas où plusieurs instrumentistes utilisent des textures compliquées à déchiffrer, mais aussi il peut servir à faire des propositions de jeu, que l'ensemble pourra accepter ou pas.

Un autre objectif de ce patch est de sauvegarder le développement de l'improvisation dans le temps. Même si le but d'*Unmapped* est la musique improvisée libre, l'ensemble n'a pas écarté l'utilisation des modèles déjà utilisés dans d'autres concerts réalisés.

Ainsi toutes les informations échangées entre les instrumentistes sont sauvegardées dans le module master qui le pourra stocker dans un fichier externe.

La principale contrainte de ce système est naturellement la nécessité d'avoir le patch visible dans un ordinateur avec *Max/MSP* installé. Il s'agit d'une situation qui n'est pas totalement désirée par les instrumentistes acoustiques car, ils perdent une partie de sa liberté de mouvement et ils sont contraints à regarder l'écran de l'ordinateur. D'ailleurs, les instrumentistes (numériques) qui n'utilisent pas le logiciel *Max/MSP* doivent ouvrir une application de plus pendant la performance. Pour qu'il soit visible, les musiciens doivent organiser les fenêtres en fonction de la taille du patch. L'introduction des indications en temps réel est faite par les touches 1-8 ce qui implique que chaque musicien, dans son instrument ou ordinateur, doit laisser libre ces touches pour l'utilisation de ce module.

*5.2.6 Analyse des instruments numériques d'*Unmapped

Dans les prochains paragraphes, nous allons analyser les différentes conceptions des instruments numériques des membres du collectif dans le but de comprendre comment cela a fait évoluer notre propre instrument numérique. Nous nous concentrons sur les instruments qui d'une manière ou d'une autre nous ont influencés de plus dans notre propre développement numérique. Ainsi dans le prochain paragraphe nous ne serons pas exhaustifs dans l'analyse du dispositif d'improvisation des dix membres, mais nous allons plutôt analyser quelques caractéristiques des instruments numériques de Kevin Gironnay, Julien Vincenot, Olavo Vianna et plus tard celui de Gabriel Peraza avec qui nous avons participé au projet *Electrologues*. Le choix de l'analyse de ces musiciens découle des différentes manières dont l'approche à la lutherie numérique est réalisée : Vincenot prend un moteur sonore déjà existant et construit les interfaces gestuelles pour le manipuler ; Gironnay explore les caractéristiques des contrôleurs numériques pour ensuite construire et adapter le moteur sonore à ces caractéristiques. Vianna nous montre une perspective différente du travail de lutherie, car réalisé à partir des logiciels en source libre avec des matériels de bas coût et de récupération. Le développement de ces outils a été souvent le résultat de discussions et partage d'informations entre les membres de l'ensemble. Par exemple, avec Vianna, quelques membres du collectif se

sont rencontrés pour explorer la lutherie électronique avec *Arduino* et des capteurs.

5.2.6.1 Le dispositif de Kevin Gironnay

Dans son dispositif d'improvisation il utilise la basse électrique comme source sonore et un instrument numérique composé par un moteur sonore construit en *Max/MSP* et comme interfaces gestuelles les contrôleurs MIDI suivants : *Akai LPD 8*, *Korg NanoPAD*, *Korg NanoKontrol*. Plus récemment il intègre le dispositif *Leap Motion* dans son système.

Cette analyse cherche à comprendre comment le musicien adapte les interfaces commerciales pour construire son instrument numérique. Gironnay[544] développe les instruments numériques en explorant les possibilités des contrôleurs. Chaque module est construit spécifiquement pour le contrôleur avec lequel il interagit. L'adaptation d'autres contrôleurs physiques fixes devient irréalisable ou même inutile, car ce luthier met en avant les caractéristiques du contrôleur. Pour adopter un nouveau contrôleur, la structure du moteur sonore doit changer obligatoirement.

Dans l'approche de Gironnay, nous pourrions nous demander s'il utilise un instrument numérique avec trois interfaces différentes ou un dispositif d'improvisation composé par trois instruments numériques. En effet, chaque interface et son moteur sonore sont totalement indépendants des autres il ne les utilise pas forcément toujours. Tel que le saxophoniste qui amène les différentes voix de l'instrument, Gironnay a une approche similaire avec trois instruments qu'il utilise concomitamment.

5.2.6.1.1 Akai LPD 8, Trigger the SpeedMANI

Ce contrôleur est composé par huit pads sensibles à la vélocité[545], huit boutons à 270 degrés et quatre autres boutons pour attribuer des fonctionnalités de contrôle aux quatre premiers pads

[544] Kevin GIRONNAY, « Site web personnel », *Kevin Gironnay*, https://kevingironnay.com/, consulté le 11 avril 2019.

[545] Comme dans le cas des touches du clavier MIDI, la vélocité donne la valeur de la force avec laquelle le musicien joue la touche. Avec l'*Akai LPD8* il s'agit de la force avec laquelle le pad est appuyé.

Figure 32 – Contrôleurs MIDI Akai LPD8

Kevin Gironnay utilise cette interface comme un échantillonneur complexe utilisant la vélocité des pads comme mode de variation du résultat sonore. Chaque pad correspond à un échantillon sonore chargé sur la plateforme. Deux modes de jeu sont proposés :

- *Speed-mode-all* : la lecture des échantillons est réalisée avec une vitesse de lecture fixe définie par les valeurs des boutons à 270º définies entre 0.4 et 4. La vélocité des pads n'est pas prise en compte, car la vitesse est fixe. Avec cette option, le fichier est lu entièrement de façon linéaire quand le pad est appuyé puis il s'arrête quand le pad est lâché.
- Dans le deuxième mode, la vélocité détermine la vitesse de lecture de l'échantillon (de 0.2 à 2). La position de lecture est aléatoire et toujours différente pour chaque déclenchement. La durée de lecture est définie par l'utilisateur à travers d'un des potentiomètres elle peut varier entre 200 ms et 5000 ms.

La complexité de l'instrument est donnée par la lecture du son à différentes vitesses, c'est-à-dire, avec des transpositions du son et par la variation aléatoire du point de départ de la lecture. À chaque déclenchement du son par les pads, la lecture de l'échantillon sonore démarre dans un point différent ce que permet avoir toujours un résultat sonore différent. Avec l'ajout de la vélocité, ceci est encore plus évident. Bien sûr, cette variété dépend de la durée et du contenu de l'échantillon sonore. Avec un échantillon sonore très court ou sans variation interne, le rendu sera moins diversifié.

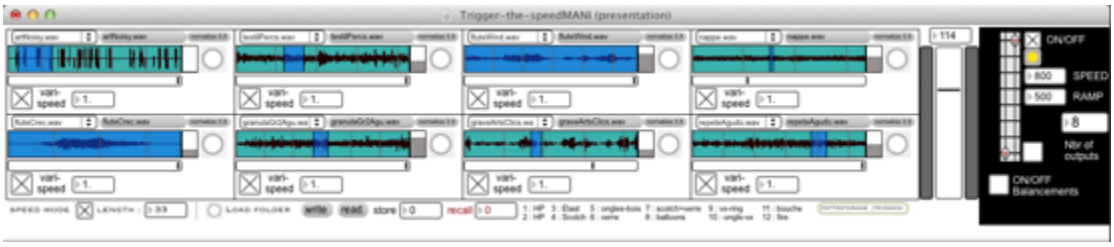


Figure 33 – Patch *Max/MSP* – moteur pour l'interface de *Trigger the SpeedMANI*

Les échantillons peuvent être joués entièrement, mais ici il faudra les déclencher directement dans le moteur sonore sur *Max/MSP*. Ceci est utile pour la préparation de l'instrument : sélection des échantillons à attribuer à chaque pad.

5.2.6.1.2 Korg NanoPad, MANI SuperVP

Le contrôleur de la Korg, le *NanoPad* (Figure 34) est composé par seize pads de déclenchement avec quatre courbes de vélocité permettant au musicien de définir le comportement des pads. Il est composé aussi par un pavé tactile XY qui peut être assigné à tout type de paramètre. Ce pavé permet entre autres de « glisser » les pads avec la fonction « scale ». Ces contrôleurs commerciaux sont construits en vue son utilisation avec des logiciels les plus connus et souvent destinés à la musique électronique. Par conséquent, ceux-ci sont dotés des boutons pour utilisation avec ces logiciels (tels que *hold*, *gate-app*, etc.).

Figure 34 – Contrôleur MIDI *Korg NanoPad 2*

Cette machine, dans l'instrument de Gironnay, est utilisée pour contrôler un module de « scrub » basé sur le module de *Scrub SuperVP* adapté à *Max/MSP* par Norbert Schnell à partir du moteur *SuperVP* de Axel Roebel développé à l'Ircam – Centre Pompidou.

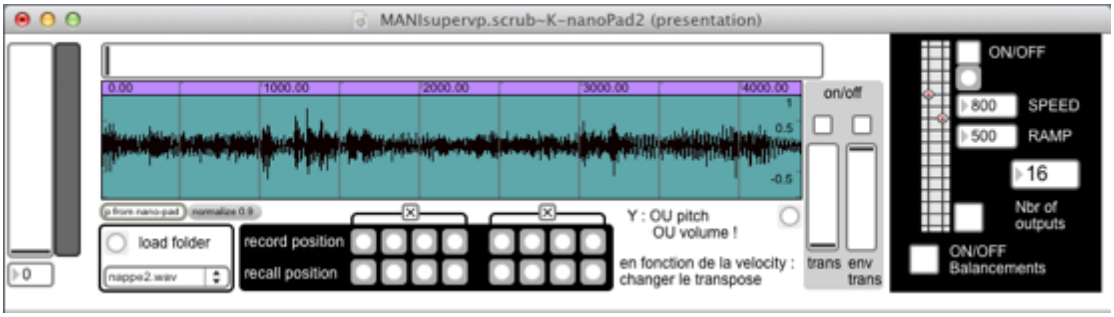


Figure 35 – Module de « scrub » utilisé avec le *NanoPAD2*

Dans la Figure 35, nous pouvons voir la projection du module sonore dans le

NanoPAD2 (Figure 34). Le pavé X–Y du *NanoPAD2* sert à faire le *scrub* dans la lecture de l'échantillon sonore. La position dans l'axe X dans ce pavé correspond à la position de lecture dans le fichier. Les données de l'axe X provenant du contrôleur sont redimensionnées selon la taille de l'échantillon audio pour que le pavé puisse correspondre à l'entièreté du fichier.

Gironnay utilise les seize pads noirs pour enregistrer des positions de lecture de l'échantillon afin de revenir à ces points. La ligne supérieure des pads est destinée à l'enregistrement des positions de lecture et la ligne inférieure au rappel de ces points. L'enregistrement de ces points fixes (des *freezes*) peut être réalisé en temps réel pendant que l'improvisateur *scrub* l'échantillon. Les points peuvent être remplacés par d'autres si nécessaire.

Cet aller-retour entre le scrub réalisé dans le carré gris et les *freezes* capturés avec les pads est un des aspects intéressants de l'instrument qui donne l'expressivité à l'action de l'improvisateur. Les pads servent à revenir aux sons qui sont restés dans la mémoire de l'auditeur ce qui crée une cohérence dans le mode de jeu.

Un autre élément d'expressivité de l'instrument est donné par l'axe Y du pavé tactile. Il définit la transposition à réaliser à l'échantillon. Cette transposition est aussi enregistrée par les pads noirs. Ainsi, le musicien peut librement jouer avec la position de lecture et les transpositions et revenir à tout moment aux endroits clés de l'échantillon sonore.

5.2.6.1.3 Korg NanoKontrol, TriggerLIVE

Le troisième module utilisé par Gironnay est utilisé avec le contrôleur *Korg NanoKontrol.* Il s'agit encore une fois d'un échantillonneur avec la possibilité d'appliquer des *freezes* à l'échantillon. Contrairement à l'autre échantillonneur, dans ce module, il est possible de transformer le son de différentes façons. Ce module a été créé pour produire des musiques telles que le *drone,* avec des nappes longues et des changements lents dans la morphologie du son. Dans la Figure 36, nous pouvons voir le panneau principal de ce module sonore.

Les effets qui ont été implémentés sont : transposition spectrale, transposition modulation en anneau, réverbération, a chorus, un effet *doppler*, un *degrade*.

Dans cet instrument, Gironnay ajoute aussi des effets et des générateurs sonores qui ne sont pas contrôlés par les interfaces gestuelles. Il les manipule directement dans le moteur sonore via le clavier ou via le *trackpad* de son *MacBook*. Deux modules de génération de son sont ajoutés à l'échantillonneur : des attaques résonantes et un effet doppler. Concernant le premier module, les attaques résonantes, des impulsions sont créés et deux types de filtrage sont appliqués à ces impulsions : un filtre résonant de bande passante (objet *reson~*) auquel il est possible de changer la fréquence centrale du filtre, le Q (largeur de la bande) et le gain à ajouter au son ; ensuite il est appliqué un filtre comb (objet *comb~*) qui mélange le son actuel avec un son antérieur et le son de sortie. À ce résultat est ajoutée une réverbération qui donne l'effet spectaculaire de ce module d'attaques résonantes. Il insère aussi un petit module pour créer de petits échantillons sonores avec l'effet doppler. Les touches « q », « s », « d » et « f » du clavier font démarrer ces échantillons qui ont comme objectif de nourrir les autres effets pour ensuite les transformer.

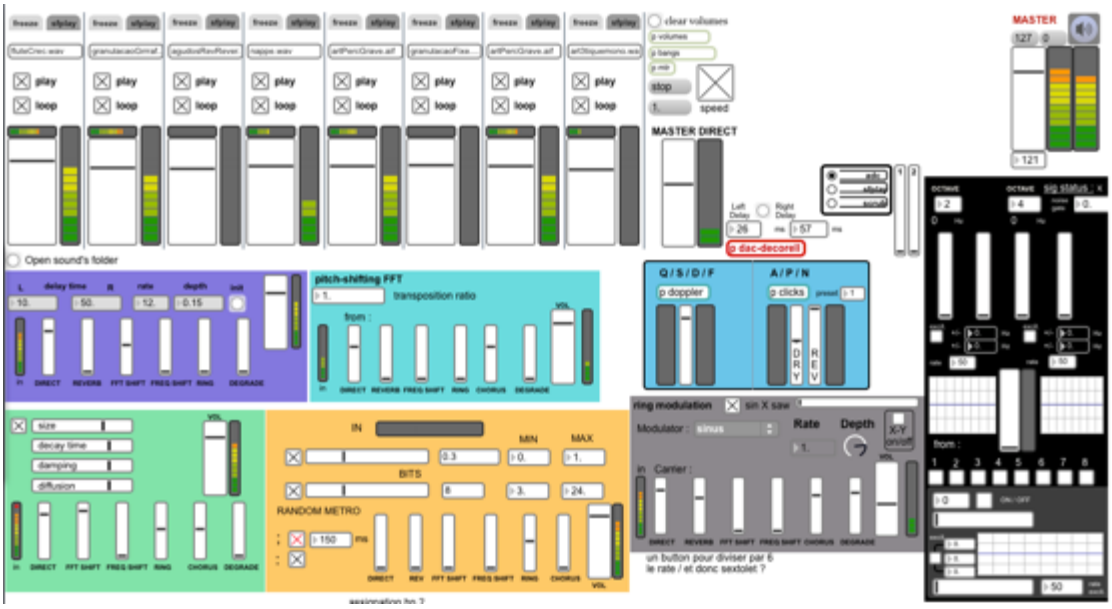


Figure 36 – Module *FreezeLive* contrôlé par *Korg NanoKontrol* et *TriggerLIVE*

Tel que le modèle de routage du son que nous avons décrit pour le dispositif *Elle* de Lorenzo Bianchi Hoesch (voir paragraphe 5.1.1.1), Gironnay utilise un système similaire où le signal sonore de chaque effet peut être envoyé dans un autre module en tant que source dans une proportion choisie par le musicien en temps réel. Un module intéressant qu'il intègre s'appelle *Mod-basse*. L'objectif de ce module est de faire l'analyse du signal et extraire en continu la fréquence fondamentale (avec l'objet

sigmund~). Avec cette valeur il crée une nappe à quatre voix autour de la fréquence ce qui donne un nuage qui suit le son analysé. Pour créer une certaine diversité, les valeurs prennent deux seconds pour se modifier. Ainsi, le nuage suit la fréquence avec toujours un décalage.

À noter que la spatialisation des sons est faite via un module dédié. Il est conçu pour envoyer le son directement dans les points de sortie du son (les haut-parleurs) en mode aléatoire. Le musicien peut choisir le nombre de points (de deux à seize), la vitesse de changement (en ms) et le temps pour le *cross fading* du son entre les points de sortie.

5.2.6.1.4 *Leap Motion* – « L'impalpable »

Gironnay a utilisé ce dispositif initialement pour un projet d'installation sonore interactive nommée « L'impalpable ». Ce projet lui a permis d'intégrer ce contrôleur dans son dispositif d'improvisation. Comme le nom l'indique, l'idée du projet est de modeler la matière sonore par les mains de l'utilisateur. Cette matière, le son, impalpable, est travaillé comme s'il s'agissait d'une sculpture céramique.

La *Leap Motion* était insérée dans une boîte en bois avec le haut de la boîte en plexiglasse pour laisser passer les infrarouges. La *Leap Motion* est connectée et communique avec un ordinateur doté de *Max/MSP*. L'interaction avec le système est obtenue par le mouvement des mains sur cette boîte. L'installation consiste en deux sources sonores, deux échantillons sonores stockés dans la mémoire de l'ordinateur, qui seront manipulés par le mouvement des mains. L'existence de la masse sonore dépend donc du mouvement des mains (la variation de la proximité des mains à la boîte). Sans mouvement le système restera muet : après un temps déterminé sans que le système détecte le mouvement, le son s'éteint (six seconds pour le son direct et granulation et 15 seconds pour la réverbération du son).

La vitesse du mouvement des mains donne au système la quantité de réverbération au son final. Si l'amplitude sonore du son globale est définie par la proximité des mains à la boîte, la direction dans le plan tridimensionnel des mains contrôle la transformation sonore. Une partie de l'échantillon sonore original est envoyé dans un module

+binaural~[546] pour la spatialisation du son. Ceci est contrôlé par le mouvement des doigts de l'utilisateur. Chaque position des cinq doigts donne une valeur qui change la position du son dans l'espace (l'angle autour de la tête de l'auditeur).

Une deuxième partie de l'échantillon est envoyé dans un module de ligne en retard (délai) qui utilise la synthèse granulaire avec les caractéristiques suivantes :

- Temps de délai : 200 ms
- Densité des grains : 64 %
- Transposition d'octave : 2 octaves
- Variation de la transposition : 2 octaves
- Filtre de fréquence (Lfo pour le feedback) : 7000 Hz
- Variation de la position de début des grains : 41 %
- Résonance du Lfo : 100 %

Cette granulation du son est donc envoyée dans le module de réverbération et au module de spatialisation. La quantité de son envoyé à la spatialisation est calculée par la direction des mains dans le plan Y.

Même si le mouvement des mains sera toujours différent (la détection détaillée de la variation de position est faite au niveau des nombres réels), l'utilisation de la granulation avec une variation des paramètres des grains permet d'avoir, avec les mêmes sources sonores un résultat toujours légèrement différent pour chaque interaction avec le système. La quantité de l'échantillon granulé est donc mesurée par la variation de la direction des mains dans le plan Y.

En résumé, le son stocké dans la mémoire de l'installation apparaît quand le système détecte le mouvement des mains sur la boîte. La variation des mains va définir comment les sons seront modulés : la distance des palmes de mains à la boîte (à la *Leap Motion*) est associée à l'amplitude sonore générale ; la vitesse des palmes des mains contrôle la quantité de réverbération ; la direction des mains la quantité de granulation qui est ajoutée au son original. La spatialisation est définie par le mouvement des doigts.

[546] « +binaural~ est un filtre qui place un son dans une position spécifique autour de la tête de l'auditeur. Ceci est effectué par l'utilisation des filtres qui simule le filtrage effectué par la tête et l'oreille extérieure pour les sons dans tous les angles. Le filtre utilisé dans l'installation est le filtre *SoundHack* binaural développé par Dr. Durand Begault. In +binaural~.maxhelp (+binaural~ is a filter which places a sound at a specific position around the listener's head. It does this by using filters which simulate the filtering effect of the head and outer ear for sounds at all angles.)

5.2.6.2 Adaptation et appropriation dans la démarche de Julien Vincenot

Vincenot[547] utilise un instrument numérique pour ses improvisations. Après la première année dans *Unmapped* où il mélangeait l'improvisation au piano et des instruments numériques simples, il s'est converti aux instruments numériques en développant un univers sonore très contrastant. Son instrument numérique est composé par un moteur sonore réalisée en *Max/MSP* et il a utilisé plusieurs interfaces gestuelles au cours des années, dont la *Wacom bamboo stylet*, le *Korg Nano*, l'*iPad* avec l'application *Mira,* le contrôleur *BCF2000*. Actuellement il utilise un *Akai MIDIMix,* un *Akai LPD 8* et le *QuNeo* de Keith McMillen pour manipuler les paramètres de son moteur sonore. Depuis quelques années il intègre un petit synthétiseur *Korg Monotron* comme source sonore. Cette expérience enrichissante l'a incité à développer la combinaison entre machines analogiques et instruments numériques. Il travaille actuellement dans l'intégration de la synthèse modulaire analogique dans son dispositif d'improvisation.

Au conservatoire de Montbéliard, il travaille avec Lorenzo Bianchi Hoesch dans les matières de composition électroacoustique. C'est dans ce cadre que Vincenot intègre le système *Elle* (voir paragraphe 5.1.1) dans son dispositif d'improvisation. *Elle* devient alors le moteur de développement de son instrument numérique personnel depuis plus de dix ans. Si au départ Vincenot utilise les mêmes outils utilisés par Bianchi Hoesch, rapidement il expérimente d'autres solutions qui lui permettent de créer sa propre sonorité.

Vincenot récupère une version de 2008 d'*Elle* et l'adapte à son environnement sonore. Nous remarquons que dans une période initiale de l'appropriation du dispositif, ceci n'est pas très différent de celui de Bianchi Hoesch. En effet, en plus du même moteur sonore, Vincenot utilise des interfaces gestuelles similaires : la *Wacom*, la *Wii Remote* ou la *BCF2000*. Nous sommes intéressés à analyser l'utilisation du même instrument numérique avec presque la même configuration par les deux musiciens. Il s'agira de faire abstraction de la relation luthier-instrument-instrumentiste existante dans le rapport avec l'instrument par Bianchi Hoesch et considérer simplement la relation de l'instrumentiste avec l'instrument numérique. Ensuite, la manière dont il fait évoluer

[547] Julien VINCENOT, « Site web personnel », http://julienvincenot.com/?page_id=29, consulté le 11 avril 2019.

son instrument par éventuellement l'adoption d'autres interfaces gestuelles ou d'autres modules sonores.

De la même manière que l'organiste n'a pas besoin de connaître toute l'architecture de l'instrument pour jouer une pièce de Bach, Vincenot utilise les interfaces dans un niveau supérieur d'abstraction. Cela dit, il connaît bien l'architecture du moteur sonore ce que lui permet d'une part de bien appliquer les modules à la sonorité qu'il cherche, mais aussi au moment où il le souhaite ; d'autre part cela lui a permis postérieurement d'ajouter des fonctionnalités et de plugiciels dans cet instrument. D'ailleurs sa connaissance intrinsèque du système peut se voir dans la manière dont il n'utilise pas des valeurs prédéfinies. Il s'efforce à faire les réglages manuellement pour s'obliger à réfléchir à chaque instant aux traitements qu'il applique. Cependant, certaines actions sont répétées ce que lui rend son identité sonore.

Une première différence évidente est le contexte d'utilisation de l'instrument. Dans le cas de Vincenot en situation d'improvisation avec l'ensemble *Unmapped*, l'instrument n'a pas vocation à être utilisé tout seul, mais toujours accouplé à un instrument acoustique – trait caractéristique de la musique de cet ensemble. La source sonore principale est donc différente – nous pouvons considérer que chaque instrumentiste différent provoquera des écarts considérables dans le résultat sonore et ainsi s'éloigner du résultat sonore d'une autre utilisation de l'instrument numérique. De même le choix des échantillons sonores dans les différents modules échantillonneurs par Vincenot de sa sonothèque personnelle rend naturellement le résultat sonore différent.

Une autre différence se constate par la génération du son. Nous avons vu que postérieurement à cette version recyclée par Vincenot, Bianchi Hoesch a construit des synthétiseurs (*LdistC* et *Lgensynth*) explorés avec la *Wacom* pour disposer d'une indépendance sonore. Vincenot, dans la même ligne de pensée, au lieu d'incorporer des solutions similaires, intègre dans son dispositif, un synthétiseur *Korg Monotron Delay*[548] comme source sonore. Cela lui permet d'être indépendant de l'instrumentiste constituant son binôme et du son de celui-ci, pouvant le produire lui-même avec les mêmes conditions de gestualité de l'instrument acoustique. Au moment où l'instrument

[548] Julien Vincenot essaie ces mini synthétiseurs lors des répétitions de l'ensemble avec Emanuele Battisti qui, au lieu d'amener son synthétiseur *Virus Ti2* (prix d'environ 2200€) pour éviter des accidents qui puissent devenir couteux, a amené trois petits synthétiseurs *Korg* (prix d'environ 150€).

acoustique rejoint le flux sonore, le son du synthétiseur est mélangé avec le son de l'instrument numérique.

Un autre facteur sera l'utilisation même des interfaces gestuelles. La façon d'utiliser un stylo créera ses différences même au niveau microscopique (prenons l'exemple de la calligraphie avec un stylo qui est unique à chaque personne) dont la transduction[549] aura ses répercussions au niveau sonore. Ainsi nous pouvons projeter des différences dans l'utilisation de ces interfaces gestuelles.[550]

Une des différences que nous avons notées dans l'utilisation de l'instrument numérique est l'inclusion des plugiciels *VST* (*Virtual Studio Technology*). Vincenot utilise ces plugiciels pour des effets de distorsion et de réverbération. Celui pour la réverbération est important de mentionner, car il s'agit d'un plugiciel utilisé très souvent et qui est caractéristique du son particulier de Vincenot. Il utilise la réverbération créée par l'entreprise *ValhallaDSP*.

Un autre trait caractéristique du son de Vincenot est la présence des clics dans sa sonorité. Comme cela est un trait très reconnaissable, il devient un trait dans la musique de l'ensemble. Pour Vincenot les clics ne sont pas un défaut dans ses modules et traitements sonores. Il les assume dans son esthétique. Inclusivement, il intègre dans son instrument numérique un générateur aléatoire de clics. Il se donne deux possibilités pour cette génération de clics : la première tout simplement à travers l'objet *click~* de *Max/MSP* qui génère un impulse ; et la deuxième il applique une enveloppe percussive à un type de forme d'onde que Vincenot peut choisir (forme d'onde triangulaire, carrée ou dent de scie). À ces deux générateurs de clics, il utilise le *LDelay* (voir paragraphe 5.1.1.3.12) qui génère un résultat similaire. L'effet de clics est notamment exacerbé lorsqu'il fixe l'oscillateur sur une fréquence très grave (inaudible) qui anime néanmoins le *Ldelay* en ne gardant que le côté « *glitch/flanger* » plus aigu. Après notre analyse de l'instrument numérique de Vincenot, nous lui avons demandé comment il

[549] « the word "transduction" derives from the Latin transductio, whose meaning was the transmission (ducere, "to carry") of something through (trans-) a determined medium that acts on the object, carrying in it certain transformations. In this process, the transducer would be the agent that transmits or carries (ductor-oris) an object that, by the very fact of being transmitted, is also transformed as a consequence of coming into contact or interacting with the medium through (trans) which it is expressed. » *in* Carlos López CHARLES, « Transduction between Image and Sound in Compositional Processes », *Proceedings EMS – Mexico*, 2009.

[550] Il nous est pourtant impossible vérifier cette hypothèse, car il n'existe pas des enregistrements avec les mêmes sources sonores utilisées par les deux instrumentistes.

construit sa sonorité à partir du système *Elle* et comment il l'a fait évoluer. Vincenot nous a répondu :

> « Je dirais que ça s'est fait de manière très organique, au fil des années, brique par brique en fonction de mes besoins. Disons pendant 2 ou 3 ans je n'ai pas touché à grand-chose car mon niveau de *Max* était encore modeste, et c'était assez difficile de modifier un système aussi complexe qu'*ELLE*, qui utilise beaucoup d'abstractions, de variables imbriquées (#0, #1, #2, etc.). Côté programmation, je pense que mon niveau a vraiment explosé vers 2012-2013, puis quand j'étais au cursus Ircam où je me suis vraiment perfectionné, donc je pense c'est à partir de 2012 (probablement Lorenzo m'a donné une dernière update cette année-là) que j'ai vraiment commencé à bricoler, remplacer des modules de traitements par d'autres, ajouter de grosses fonctionnalités dont j'avais besoin, etc. Maintenant, le squelette d'*ELLE* est là, mais mon patch est toujours en évolution permanente, et je pense que l'*ELLE* actuel de Lorenzo est aussi extrêmement différent aujourd'hui vu l'ampleur et la diversité des projets sur lesquels il travaille[551]. »

5.2.6.2.1 Mira, *Elle*

Le moment où Vincenot se détache clairement de l'approche de Bianchi Hoesch est lors du changement d'interfaces gestuelles. Nous regardons ici une interface qui le musicien a adapté pour une courte période. Vincenot a adapté son moteur sonore à l'application *Mira*[552] de la *Cycling 74* pour la tablette tactile iPad, permettant de faire un miroir de l'interface existante sur *Max/MSP*. L'application est assez intuitive et il suffit d'insérer les objets du logiciel à l'intérieur d'un espace créé par un objet spécifique : *mira.frame.*

La possibilité de contrôler tous les paramètres du moteur sonore sans avoir besoin de créer l'unité de *mapping* pour une nouvelle interface est très attractive. De plus, le musicien n'a pas la contrainte du nombre de paramètres à contrôler et à insérer comme c'est le cas dans les contrôleurs physiques. Certes, il y a la contrainte de l'espace disponible dans l'écran tactile de la tablette. En même temps et comme nous avons vu, le système *Elle* est construit sur une structure basée sur des modules encapsulés dans des *Bpatchers*. Même tout le (très important) système de routage du son entre les différents modules sonores est réalisé avec cette abstraction. Or, *Mira* n'a pas été implémentée[553] avec un support pour cet objet d'interface utilisateur. Cela a obligé

---

[551] Julien Vincenot, entretien personnel

[552] « Mira iPad App for Max | Cycling '74 », https://cycling74.com/products/mira, consulté le 29 août 2019.

[553] Nous lisons dans les forums dédiés à ces logiciels que cette option est dans la forge pour étude de faisabilité, mais cela date déjà de 2013.

Vincenot à recréer le système de routage de manière à pouvoir utiliser cette application.

Le fait de pouvoir transférer tout le reste dans l'application *Mira* a tout de même convaincu Vincenot à migrer ses interfaces gestuelles vers cette application. Notons pourtant que cette migration a été faite comme une réplique de son interface dans le moteur sonore sans ajouter de fonctionnalités spécifiques correspondant aux possibilités d'une plateforme multitouche. L'exception se trouve dans le *Lscrub*[554] *:* dans ce module, qui utilise l'objet multitouche de l'interface pour réaliser le balayage dans l'échantillon sonore. Une adaptation de l'objet *waveform~*[555] montre la forme d'onde de l'échantillon et le musicien peut parcourir le fichier par ce moyen visuel. Ainsi dans l'axe X, évidemment le doigt fait le balayage dans la position temporelle de l'échantillon sonore. Pour l'axe Y, le *mapping* de ces valeurs peut être attribué à l'amplitude (tel que la vélocité dans les contrôleurs MIDI), à la transposition de l'échantillon ou à tous ces deux paramètres en même temps. Le musicien peut aussi décider que les coordonnés dans l'axe Y ne produisent aucun changement dans le son.

Après une brève période en utilisant l'application *Mira* comme interface gestuelle pour son instrument, Vincenot l'abandonne et retourne à nouveau aux contrôleurs plus traditionnels. Cela s'explique par sa nécessité d'avoir un contact physique où une sorte de rétroaction puisse avoir lieu. Un des défauts de l'utilisation d'une tablette tactile est précisément le manque d'interaction physique entre l'instrument et l'humain – il n'existe aucun changement dans la surface tactile qui puisse être repéré par les doigts du musicien. La seule rétroaction existante est visuelle, ce qui résulte dans l'obligation de regarder en continu la machine.

Cette nécessité d'un retour tactile a pour effet de faire revenir Vincenot aux contrôleurs MIDI « traditionnels » avec le *Akai midiMix* pour contrôler les paramètres et les volumes des modules et le *Akai LPD8* dans l'utilisation des échantillonneurs. Il adopte aussi le *QuNeo*, qui combine le geste tactile dans les dimensions X/Y avec la pression pour chaque *pad*, *slider*, bouton. Pourtant, le retour du geste est seulement visuel — les couleurs changent, mais la résistance physique des boutons est un plus par rapport à

---

[554] Pour plus de détails du module *Lscrub* voir paragraphe 5.1.1.3.6

[555] L'application *Mira* ne permet pas l'inclusion directe de l'objet *waveform~* et Mathieu Chamagne, un membre de la communauté Max, a créé et partagé une alternative avec l'adaptation de l'objet dans l'objet multislider. (https://cycling74.com/forums/sharing-is-surfing-waveform-for-mira-kind-of, consulté le 13 juin 2018)

l'*iPad*. Vincenot adopte ce nouveau contrôleur car ceci a aussi des capteurs de pression dans les boutons ce qui n'existe pas dans le *Akai LPD8*.

5.2.6.3 Olavo Vianna

L'instrument principal pour l'improvisation de ce musicien est la guitare. À celle-ci, il ajoute parfois du traitement fait par le *Kaoss Pad*[556] ou par les contrôleurs que Vianna a construits avec des plateformes telles que *arduino*[557] et *bela*[558]. Dans cette section, nous allons analyser comment il réalise ses traitements et comment il coordonne son instrument avec le binôme qui l'accompagne.

En tant que guitariste, Olavo Vianna utilise différents types de guitares – acoustique, semi-acoustique ou électrique – et son approche à l'instrument est très varié : il utilise la guitare soit d'une façon traditionnelle[559] soit préparée avec l'incorporation des différents types d'objets dans l'instrument soit encore avec des modes de jeu différents de ceux considérés comme « classique », par exemple avec l'utilisation d'un archet ou des baguettes pour percuter les cordes. L'approche de Vianna à la guitare a changé au fur et à mesure de l'évolution de son système électroacoustique. Toutefois, la manière d'utiliser la guitare dépend aussi de la formation dans laquelle il joue. Dans le cas d'une performance solo, il peut avoir la nécessité de faire lui-même la manipulation électroacoustique du son de la guitare. Par conséquent, il doit prévoir des mécanismes pour pouvoir le faire de façon ergonomique et efficace. Une de ces situations a amené Vianna à fixer le contrôleur *Kaoss Pad* au corps de la guitare de façon à pouvoir faire rapidement le traitement directement sur l'instrument (voir Figure 37). Le contrôleur est placé à l'endroit où les guitares électriques ont déjà plusieurs potentiomètres pour régler le volume des pickups. Le geste habituel de l'instrumentiste n'est pas modifié. D'ailleurs, le choix de la plateforme *bela* a été fait aussi par sa petite taille pour pouvoir éventuellement l'intégrer directement à la guitare. Il souhaite fixer *bela* à la guitare de manière similaire au *Kaoss Pad* et ainsi réduire la quantité de matériel « parasite » qui

---

[556] « Kaoss Pad - Dynamic Effect/Sampler », https://www.korg.com/us/products/dj/kaoss_pad_kp3_plus/, consulté le 25 juillet 2017.

[557] « Arduino », https://www.arduino.cc/, consulté le 19 juillet 2019.

[558] « Bela: The platform for beautiful interaction », https://bela.io/, consulté le 19 juillet 2019.

[559] Nous constatons que Olavo Vianna participe souvent dans des projets de musique populaire brésilienne tels que Le Brésil imprévu : https://www.facebook.com/Brésil-Imprévu-199777066719813/

reste autour de l'instrument et du geste du guitariste.

Figure 37 – *Kaoss Pad* accouplé à la guitare de Vianna

Nous pouvons analyser la façon dont il pense l'approche de la guitare quand il joue avec un autre instrumentiste responsable du traitement de l'électronique lors de ses participations à l'ensemble *Unmapped*. Dès lors, il fait le choix à chaque instant de privilégier soit le binôme pour le traitement de l'électronique et donc la fusion de son jeu instrumental acoustique avec l'électronique de l'instrument numérique qui lui est accouplée, soit l'utilisation de son propre traitement électronique de la guitare que lui rend un instrument augmenté, soit encore, les deux en même temps. Une façon de choisir le fonctionnement du binôme est de diriger le son de l'instrument acoustique vers deux dispositifs : vers l'instrument numérique accouplé et manipulé par son binôme et vers le moteur sonore électronique lié à l'instrument acoustique. Nous nous concentrons maintenant sur le moteur sonore et les techniques d'augmentation des possibilités sonores construites par Vianna.

L'instrument augmenté de Vianna est constitué par la guitare (tout type) et un moteur sonore créé avec *SuperCollider*. L'environnement *SuperCollider* est divisé en deux parties, un client – *ScLang*, et un serveur – *ScSynth*[560]. Il peut y avoir un serveur et plusieurs clients dans des machines différentes qui font chacune des demandes au serveur, mais il peut également y avoir plusieurs serveurs et qu'un seul client. Nous allons analyser les différents modules et leur implémentation dans les contrôleurs pour

[560] Il existe aussi le *scsupernova*, mais par défaut c'est le *scsynth* qui est utilisé.

comprendre leur fonction dans le résultat sonore de Vianna.

Olavo Vianna dans le développement de ses outils a besoin d'avoir le contrôle sur les processus qu'il déclenche directement ou à travers le jeu de la guitare qui sert de contrôleur. Il ne laisse pas la gestion des processus au hasard et le développement de chaque module le montre bien. La clarté des processus est donc fondamentale pour la clarté mentale.

5.2.6.3.1 AutoRecMode2

Le code original est de Frederik Olofson[561] que Vianna a adapté à ses besoins artistiques. L'objectif de ce module est d'enregistrer un échantillon à chaque détection de son de l'instrument. Dans la version de Olofson ceci est limité à une liste de seize échantillons de deux seconds. Vianna a transformé le code pour avoir un nombre illimité d'échantillons avec une durée variable – l'enregistrement s'arrête quand il détecte un silence. En parallèle à la matière sonore enregistré, Vianna conserve aussi la temporalité des différentes actions : le module enregistre le moment de déclenchement de l'enregistrement, le moment d'arrêt de ceci est ensuite le moment du prochain enregistrement. Avec cette liste temporelle d'actions, il pourra reproduire un ensemble d'actions avec l'exact enchaînement ou au contraire des variations de temporalités à travers des opérations réalisées sur cette liste de temporalité.

La pédale contrôleur midi lance le fonctionnement de ce module. Ceci commence par déclencher la fonction qui enregistre les échantillons, puis des schémas ou séquences d'échantillons sont définis et stockés dans les pédales du contrôleur. Une fois les sons stockés, il peut effectuer le déclenchement de ces schémas d'échantillons. Un des objectifs dans la création de cet échantillonneur a été de libérer les mains du guitariste pour d'autres actions. Si la plupart des fonctions sont actionnées par une pédale ou par les boutons incorporés à la guitare, certains paramétrages peuvent nécessiter les deux mains du guitariste, et celles-ci doivent donc être disponibles au besoin.

[561] « Site web personnel », https://www.fredrikolofsson.com/, consulté le 19 juillet 2019. et « Fredrik Olofsson », http://sccode.org/fredrik-olofsson, consulté le 19 juillet 2019.

5.2.6.3.2 Looper

Un autre module que Vianna utilise est un *looper* similaire aux pédales commerciales d'enregistrement en boucle, mais dans ce cas le nombre de couches est illimité. Vianna crée un vecteur de tampons de mémoire qui sont assignés en temps réel au fur et à mesure qu'un nouveau tampon de mémoire est nécessaire pour enregistrer un nouveau « cycle ». Chaque cycle est prédéfini de trente seconds, mais cette durée peut être modifié. La durée du premier « loop » enregistrée définit la taille des tampons de mémoire successifs. Une autre différence par rapport aux *loopers* traditionnels réside dans le fait que chaque couche peut être contrôlée individuellement. Ainsi le musicien peut choisir celles qui seront jouées et celles qui seront muettes à chaque moment ou encore l'amplitude de chaque couche.

Ce *looper* fonctionne de la même manière que le module dont nous avons parlé auparavant. Il est activé par les pédales midi et il a aussi la fonction de libérer les mains du guitariste. Les différentes voix enregistrées peuvent ensuite être redirigées vers d'autres transformations pour en changer le timbre.

5.2.6.3.3 *LoadConvolve* et autres effets

Ce module permet d'appliquer au signal audio des convolutions[562] de réverbération ou d'amplificateurs de guitare pour avoir des timbres spécifiques dans le son global de son instrument augmenté. Il prépare plusieurs types de convolutions qu'il peut changer en temps réel pour avoir différents timbres de guitare tout au long de la performance. À noter que tous les calculs sont réalisés avant la performance pour ne pas occuper le processeur durant le jeu. Au cours de la performance, le guitariste active des *patterns* qui ont été établis auparavant. Il s'agit de la même fonctionnalité des *presets* dans *Max/MSP*, où l'instrumentiste peut activer plusieurs paramètres en même temps.

En dehors de ces trois modules principaux de traitement sonore que Vianna accompagne avec la guitare, il utilise une pédale MIDI pour activer d'autres effets toujours créés dans *SuperCollider* comme la distorsion, le *bitCrusher*, des filtres, des

[562] Sur les algorithmes de convolution voir par exemple: Steven W. SMITH, « The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing », http://www.dspguide.com/, consulté le 12 septembre 2018 Chapitre 6.

délais, des compresseurs, etc.

5.2.6.3.4 Système de contrôle à partir du jeu instrumental

Vianna a différentes fonctions de contrôle pour activer les différents modules sans qu'il soit nécessaire de le faire via les contrôleurs externes, mais en utilisant son instrument pour cette activation des modules. Par exemple, il a des modules pour la détection des attaques dans l'instrument. Quand le système détecte une attaque produite par le musicien il change l'état d'une variable qui peut avoir les valeurs 0 et 1. Il utilise ce type de contrôle avec des effets qui nécessite un déclenchement spécifique. Par exemple, pour réaliser des *Freeze*, à un instant précis. Le système détecte une attaque et reproduit le son suivant. Quand il détecte une nouvelle attaque il remplace ce nouveau son par l'ancien.

5.2.6.3.5 Décroissance

Il est important de remarquer qu'Olavo Vianna est très engagé dans la décroissance dans les arts et cela est visible dans son approche de l'improvisation. Le logiciel, *SuperCollider*, utilisé pour la construction du moteur sonore est disponible en accès libre et ils existent une communauté d'utilisateur et développeurs pour ce logiciel.

Vianna partage souvent ses développements dans cette communauté et participe aux discussions qui se déroulent au sein de celle-ci.

Une des préoccupations de Vianna est de laisser de côté l'ordinateur comme moteur sonore pour l'électronique et réussir à faire les mêmes opérations avec des « remplaçants » à bas coût[563]. Il développe l'électronique pour sa guitare avec la plateforme *bela* qui permet d'avoir un processeur déjà préparé pour accueillir *SuperCollider* avec une carte son intégré et la possibilité d'ajouter facilement de différents types d'objets tels que les capteurs. Cette plateforme fonctionne dans le système d'exploitation libre Linux et ne nécessite pas d'écran. Vianna est conscient du problème que nous avons déjà évoqué dans le paragraphe 4.4 sur le manque

[563] Notons qu'à l'heure de l'écriture de ce texte, une forte contestation se fait contre la politique de l'*Apple*, pour longtemps le principal choix des professionnels du son et image, car les machines produites par cette entreprise ne sont plus bien adaptées aux besoins des professionnels. Cf. « The MacBook Pro is a lie », *The Verge*, https://www.theverge.com/2016/11/7/13548052/the-macbook-pro-lie, consulté le 25 mars 2018.

d'interaction avec les musiciens derrière l'écran d'ordinateur et il propose un système également performatif qui ne nécessite pas de visualiser et contrôler des paramètres via le clavier et l'écran d'un ordinateur.

En ce moment (premier trimestre de 2018), un ordinateur *MacBook Pro* est disponible par environ 1900 € et le *bela* est disponible par environ 140 €. Pour que Vianna puisse construire un instrument dédié à l'improvisation numérique sans l'ordinateur, il lui faut ajouter quelques contrôleurs pour activer les fonctions de *SuperCollider.* Cet improvisateur tente de promouvoir les systèmes de bas coût et les logiciels libres. Il est très critique envers les politiques d'enseignement dans les institutions publiques où l'utilisation de logiciels propriétaires est la norme, quand en même temps, il existe les équivalents de source libre et gratuite.

Vianna, dans la lignée du mouvement du *DIY*, fabrique aussi des contrôleurs pour son dispositif à partir de la réutilisation des jouets pour enfants. Par exemple, Vianna construit un contrôleur à partir d'une pédale de microphone d'un jouet d'enfant. Cette pédale inclut plusieurs *LEDs* ce qui permet de renseigner sur l'état des processus que Vianna attribue à chacune de ces lumières – encore une fois pour réduire la nécessité d'avoir un écran d'ordinateur pour avoir les informations de l'état du système. À noter que dans ces contrôles, il n'existe pas des modalités d'interpolation entre valeurs. Les actions programmées par le concepteur sont essentiellement en deux états : allumé, éteint. Une des prochaines étapes d'évolution du système sera de combler ce manque de possibilité d'être dans des valeurs intermédiaires pour donner des valeurs plus naturelles.

5.3 Gabriel Peraza et le projet Electrologues : une improvisation en duo

Avec Gabriel Peraza[564], nous avons développé un projet parallèle, *Electrologues*. Dans ce paragraphe, nous allons décrire ses interfaces gestuelles, car essentiellement son instrument numérique a été développé dans le cadre du projet *Electrologues*. Au sein d'*Unmapped*, Peraza utilisait au début un instrument numérique qu'il a abandonné pour

[564] Gabriel PERAZA, « Site web personnel », https://www.gabrielperaza.com/about, consulté le 11 avril 2019.

se produire essentiellement avec la guitare électrique et la basse électrique avec des pédales d'effets. Lors de la présence de ces instruments (Gironnay, Gozzi ou Vianna), il apportait son violoncelle.

Les pédales d'effet de Peraza sont aussi utilisées comme des interfaces de contrôle. En effet, si on prend le délai comme exemple, ceci offre des possibilités assez expressives pour la transformation du son en temps réel. L'utilisation en chaîne de ses outils est très commune pour permettre l'utilisation des différents effets en même temps ou séparément. Il est possible de lier les sorties de ces pédales à d'autres pédales, mais aussi au dispositif électroacoustique et vice-versa. En effet et nonobstant l'utilisation des pédales pensées originalement pour la guitare, Peraza utilise ses outils avec d'autres types de sources sonores comme son instrument numérique ou un synthétiseur MIDI, le *Blofeld* (Figure 38). Au sein d'*Electrologues*, nous avons utilisé à plusieurs reprises cette dernière configuration pour créer des bases harmoniques : chaque sortie audio du synthétiseur était connectée à une pédale différente. Ainsi, avec une sortie en stéréo, nous avions un traitement différent pour chaque canal. À partir d'un son du synthétiseur stéréo[565] riche de base, il est possible de créer des sonorités assez (ou encore plus) complexes avec cette utilisation particulière de ces pédales d'effets.

Figure 38 – Synthétiseur MIDI *Blofeld*

Peraza utilise le contrôleur *BCF2000* (Figure 39) de la marque *Behringer* comme interface gestuelle. Le moteur sonore du dispositif est un échantillonneur construit en *Max/MSP*. Dans la Figure 40, nous pouvons observer le module audionumérique développé par Peraza pour l'improvisation.

À partir d'une base de sons qui est chargée dans la mémoire du système, le musicien

[565] Il y a plusieurs programmes MIDI où le son est différent dans chaque canal où les itérations sont différentes, par exemple des *arpeggi* où le numéro de notes est différent dans chaque canal. Par ex : Waldorf Blofeld synth demo, by Pulse Emitter - YouTube (https://www.youtube.com/watch?v=jl9rmPymE64, consulté le 25 aout 2017)

peut choisir quatre échantillons qui seront disponibles pour manipulation en simultanée. Les échantillons peuvent être remplacés en temps réel selon les besoins de l'utilisateur au cours de l'improvisation.

Figure 39 – *Behringer BCF2000*

Les échantillons sont transformés par la vitesse de lecture de l'échantillon. Ceci est réalisé en temps réel par les buttons infinis de la *BCF2000*[566]. Peraza établit comme seuils de changement de vitesse de -500 à 500 fois la lecture normale. Avec cette gamme de valeurs de lecture des échantillons, les sons originaux deviennent méconnaissables. Si le mode de jeu en boucle est activé, la sonorité résultante peut être d'un son légèrement transformé (avec des vitesses de lecture proches de la vitesse de l'enregistrement) ou des fréquences granuleuses si l'échantillon est répété à plus de seize fois par second, ce que l'ouïe humaine comprend comme des impulsions indépendantes. Dans ces cas, l'échantillon sert aussi à créer des « lignes mélodiques », plus ou moins voulues et plus ou moins maitrisées. Cela signifie que Peraza ne prétend pas avoir un contrôle fin des variations des fréquences obtenues, tandis que le but n'est pas la création des mélodies.

Les potentiomètres mécaniques de l'interface gestuelle sont assignés au contrôle de l'amplitude de chaque élément de son moteur sonore. Cela permet de jouer dynamiquement avec les passages en douceur entre les quatre sonorités différentes.

Peraza utilise des plugiciels *VST* pour la transformation de ses échantillons. *Max/MSP* permet l'intégration de ces plugiciels à travers l'objet *vst~*[567] qui peuvent être modifiés en temps réel. Entre autres, Peraza utilise souvent les *GRM Tools* créées par le Groupe

[566] Potentiomètre particulier de la *BCF2000*. Ces potentiomètres n'ont pas de limite physique, et peuvent donc tourner indéfiniment.

[567] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#vst~

de recherches musicales (GRM)[568]. D'une façon plus simple que le système *ELLE*, que nous avons analysé dans le paragraphe 5.1.1.1, Peraza permet le dosage de la quantité de son de chaque échantillon à envoyer à chaque effet *VST*. Ainsi, dans chaque couche dédiée à chaque échantillon (voir le patch de la Figure 40), les potentiomètres (objet *gain~*) de contrôle des *VST* représentent la quantité d'audio qui sera envoyée à chaque effet *VST*.

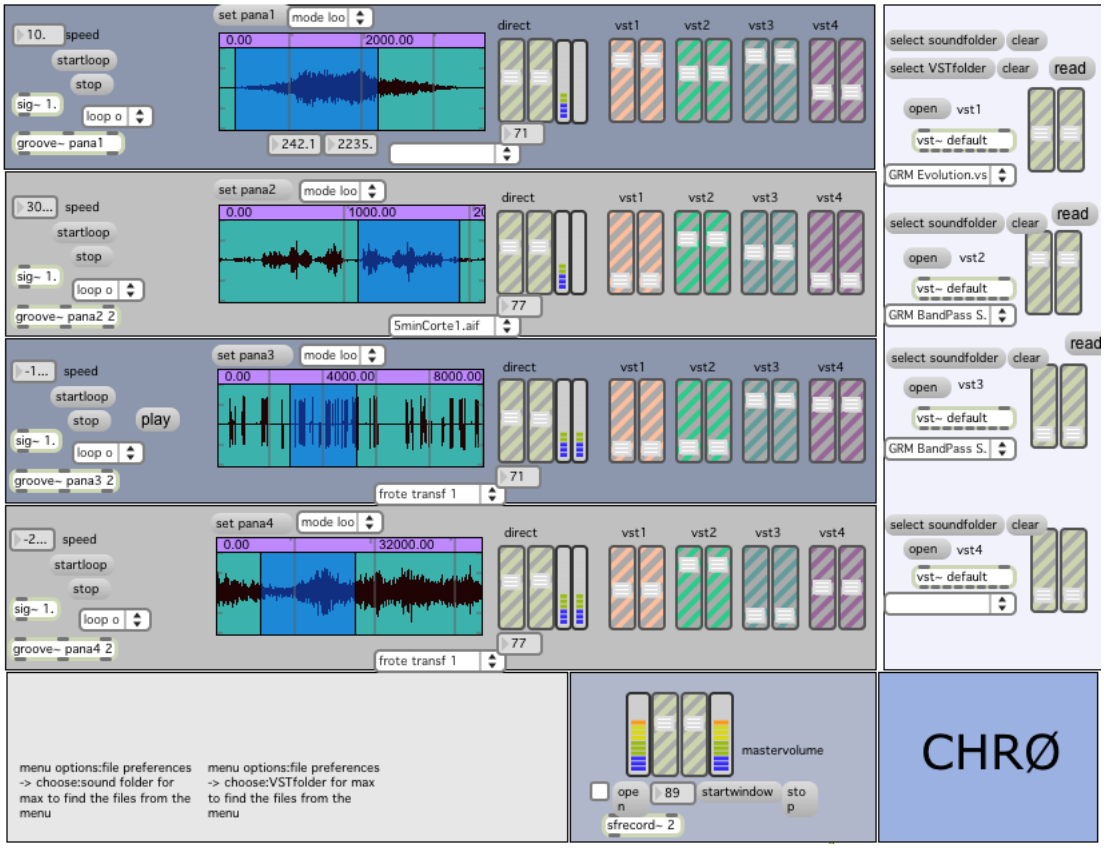


Figure 40 – Échantillonneur utilisée avec le contrôleur *BCF2000*

Le sujet de recherche de Gabriel Peraza pour son Master à l'université Paris 8, a été « Le geste corporel non verbal comme générateur sonore dans l'improvisation assistée par ordinateur ». Dans le cadre de ce projet de recherche, il a développé un système d'improvisation basé sur la capture des mouvements par une caméra. Cette recherche s'intégrait dans un projet du duo *Electrologues* avec des danseuses du département de danse de l'université Paris 8, qui malheureusement n'a pas eu de suite. L'objectif du projet a été le développement d'un outil pour la captation des mouvements des

[568] « GRM Tools », *INA - GRM*, http://www.inagrm.com/grmtools, consulté le 25 mars 2018.

danseuses et sa transduction numérique pour la manipulation sonore. La danseuse deviendrait donc instrumentiste et interface gestuelle. Toutefois à titre expérimental, Peraza a utilisé ce système pour des improvisations avec le duo *Electrologues.*

Concernant la partie technique de ce projet : l'image captée par la caméra est divisée en quatre sections avec les mêmes dimensions. L'objectif serait d'avoir quatre plans de jeu avec lesquels l'instrumentiste (à l'occasion la danseuse) pourrait jouer indépendamment.

La caméra détecte le mouvement dans chaque plan à travers le calcul de la différence entre chaque cadre (frame). Cette différence est traduite dans un chiffre qui correspond à la quantité de mouvement détecté entre deux frames successifs. Cette valeur est finalement traduite dans la vitesse de lecture des échantillons sonores.

Les régions où se situe le mouvement dans chaque plan sont aussi relevées par le système (les carrés bleus dans la Figure 41) et envoyées à l'échantillonneur en coordonnés (X, Y). Peraza utilise les coordonnés de l'axe X pour sélectionner l'extrait de l'échantillon qui sera reproduit.

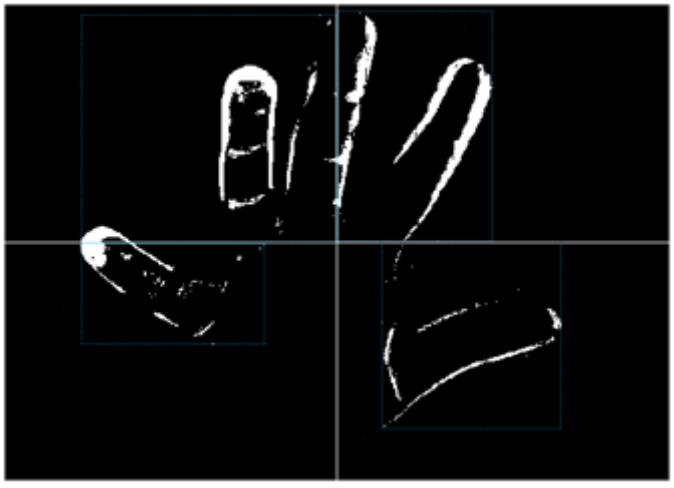


Figure 41 – Système de captation vidéo avec les sections où le mouvement a été détecté

À noter que le mouvement capté déclenche le son et ceci s'arrête une seconde après qu'aucun mouvement ne soit détecté. Comme nous l'avons expliqué précédemment, la vitesse de lecture de l'échantillon est définie par la quantité de mouvement détecté, ce qui fait que lorsque les actions de l'utilisateur s'arrêtent, ont un mouvement nul, le son s'arrête en étant lu à la même vitesse de lecture préétablie.

Peraza a établi ce second d'attente où la caméra détecte des changements d'actions pour

varier cette vitesse de lecture, afin de pouvoir changer la valeur par défaut de vitesse de lecture. Ainsi le son ne s'arrête pas toujours avec la même fréquence ce qui crée une richesse sonore plus variée. Ceci est surtout utile pour les échantillons courts où la variation du contenu est limitée et où le risque d'entendre cycliquement la même sonorité est grand. (Voir Exemple multimédia 4.[569])

5.4 Conclusions des analyses

Olavo Vianna crée des modules pour générer des séquences sonores dont une des fonctions est de lui permettre d'arrêter de jouer la guitare pour pouvoir modifier les paramètres de son instrument numérique. Cela soulève la question de la disponibilité de l'instrumentiste à faire une adaptation en temps réel de son instrument aux conditions présentées au système. Le flux sonore et les interactions se déploient en continu et Vianna doit interagir avec le système en même temps qu'il réalise d'autres actions. Nous pouvons voir que tous les instruments analysés possèdent des outils pour résoudre ce problème, que ce soit avec des synthétiseurs qui se auto régénèrent (p.ex. le système *Elle* avec *Ldist*) ou avec des effets tels que le *freeze* ou *reverb*.

Nous avons analysé des approches différentes dans la lutherie numérique pour la construction des instruments qui seront accouplés à un instrument acoustique. Au cours des années, les instrumentistes-luthiers ont imaginé différentes stratégies pour créer et développer leur lutherie numérique selon des préférences musicales, en s'adaptant aux contraintes temporelles comme dans le cas de Vincenot.

Nous avons vu des approches où le luthier donne une importance différente à chaque constituant de l'instrument. Vincenot, en prenant un moteur sonore déjà abouti, se concentre dans la conception du *mapping* entre les interfaces gestuelles et le moteur. Pour créer son identité sonore, il cherche des solutions originales dans ce lien. La programmation du moteur sonore est donc mise en deuxième plan. En dehors des changements dans l'instrument numérique, le son de Vincenot est caractérisé par les échantillons sonores qu'il fabrique et utilise. Les interfaces gestuelles utilisées par Vincenot sont des contrôleurs alternatifs que nous pouvons trouver dans le marché.

[569] Visible en ligne sur la page : https://youtu.be/AvTn1Spjtbo

D'ailleurs il est intéressant de remarquer qu'au sein du collectif *Unmapped*, l'utilisation de logiciels en source libre ou de logiciels propriétaires a été toujours un sujet de discussion. Les membres sont en désaccord sur l'option à suivre. Si certains partagent les convictions de Vianna, d'autres préfèrent les logiciels propriétaires car ils considèrent que ceux-ci sont plus fiables à l'heure de la performance.

Gironnay met le développement des interfaces gestuelles en deuxième plan. Il prend des contrôleurs commerciaux pour adapter son instrument numérique. Ceci est caractérisé par un moteur sonore développé selon les interfaces et ainsi ce sera dans le *mapping* et le moteur sonore que l'artiste réussit à extraire la gestualité et musicalité de son instrument numérique.

Finalement, Vianna fabrique lui-même les trois composants d'un instrument numérique. Les interfaces gestuelles sont construites à partir de la récupération de jouets et en utilisant le jeu de la guitare comme contrôleur paramétrique, le moteur sonore et le *mapping* sont réalisés avec *SuperCollider* et intégrés dans la plateforme *bela.* Cela lui donne un instrument qui s'adapte parfaitement à ses envies, mais en retour, il lui faut un investissement de temps important pour son implémentation. De conséquence, le temps pour la création musicale elle-même peut être sacrifié. C'est précisément ce temps « perdu » que Peraza ne considère pas dans sa perspective de la création musicale. Comme dit avant, ce musicien a choisi de retourner aux instruments acoustiques car il ne souhaitait plus rester dans le *work in progress* infini de la lutherie numérique. Par l'analyse de son système d'improvisation, nous avons pu voir que cette envie était déjà présente dans la manière de construire son dispositif d'improvisation. Il était composé par un instrument numérique où les modules de transformation audionumérique étaient surtout des plugiciels *vst~,* des pédales de guitare, un synthétiseur MIDI et des contrôleurs commerciales. Ainsi, Peraza préfère se dédier plutôt à l'entraînement avec les instruments pour avoir une plus grande « intimité » et devenir expert dans leur utilisation.

Nous sommes conscients d'avoir analysé ces instruments comme des entités figées, mais cela n'est qu'une photographie d'un état particulier dans l'histoire de ces instruments, car au moment de l'écriture de ce texte plusieurs évolutions ont été déjà implémentées.

Conclusions de la deuxième partie

Dans cette deuxième partie, nous avons introduit la technologie dans les processus créatifs autour de la pratique de l'improvisation. La technologie change les rapports entre l'individu et son environnement. L'arrivée de l'enregistrement audio et de l'électricité a complètement changé la relation de l'homme avec la musique. Nous avons montré comment l'homme a incorporé la technologie dans la création musicale depuis le début du XX^{e} siècle avec la construction d'instruments électriques et plus tard d'instruments numériques. Depuis plus d'un siècle, le musicien peut enregistrer, synthétiser et utiliser tous les sons de son environnement avec les moyens informatiques. Nous avons décrit les enjeux et les méthodes de la lutherie numérique pour rendre les instruments numériques aussi expressifs que les instruments acoustiques.

La technologie a permis à la création musicale d'avoir différentes approches. Dans le cas de l'improvisation musicale, nous avons montré comment le réseau Internet peut être utilisé pour improviser à distance. L'ordinateur avec sa puissance de calcul peut être modélisé pour devenir, d'une certaine manière, un partenaire « intelligent » de l'improvisateur. Nous avons décrit l'exemple de *Voyager* de Lewis et *OMax* créé par l'Ircam.

La deuxième section de cette deuxième partie a été dédiée à l'analyse des instruments numériques. Nous avons présenté quelques manières diverses de lutherie numérique répondant aux envies des musiciens. Nous avons montré, avec beaucoup de détail, l'instrument numérique de Lorenzo Bianchi Hoesch et nous avons fait une simulation de son instrument avec notre interface gestuelle (l'*iPad*) pour comprendre l'esthétique inhérente à l'outil. Ensuite, nous avons analysé les instruments numériques de nos collègues d'*Unmapped* et *Electrologues* avec qui nous avons longuement discuté des questions de développement numérique.

Avec ces analyses, il est plus simple de comprendre les options que nous avons prises dans le développement de notre instrument qui sera décrit dans la partie suivante.

Partie 3

Développement des outils numériques pour l'improvisation musicale électroacoustique

Introduction à la troisième partie

Cette partie est consacrée à la présentation du travail de développement numérique que nous avons effectué pour permettre cette forme de création qu'est l'improvisation musicale. Dans les prochains chapitres, nous allons décrire les solutions que nous avons implémentées pour accomplir les enjeux identifiés dans les deux parties précédentes. Il s'agira d'exposer le résultat du travail de développement des outils numériques entrepris au cours de ces dernières années de doctorat.

Nous allons commencer par décrire le travail effectué lors de notre premier stage de recherche. Dans ce stage, nous avons développé un instrument numérique de contrôle de la synthèse granulaire. À partir des théories du granulaire, nous allons décrire les décisions prises au cours du développement de cet instrument. Il s'agit d'une phase importante de notre activité de lutherie numérique, car la direction prise par notre recherche a basculé avec ce stage. Les options que nous allons décrire dans les paragraphes suivants sont les conséquences du travail effectué durant cette période de recherche. Les chapitres suivants exposeront donc une analyse détaillée de notre instrument numérique. Nous montrerons l'évolution de l'instrument, depuis le commencement où nous pratiquions la *laptop performance* jusqu'à l'état actuel de l'instrument avec l'interface gestuelle sur surface multitactile.

Un troisième outil que nous avons développé et intégré à notre instrument numérique sera exposé après l'analyse de l'instrument. Il s'agit d'un système de recommandation des échantillons sonores que nous avons implémenté lors d'un stage de recherche à l'Université de Campinas au Brésil. Par le biais des performances d'improvisations enregistrées avec les ensembles *Unmapped* et *Electrologues*, nous allons analyser le résultat sonore de l'utilisation de notre instrument. À partir des enregistrements de ces deux groupes, nous réaliserons aussi une analyse de la relation entre les instruments de musique, la performance et le résultat sonore. Pour rappel, ces deux ensembles ont la

caractéristique de jouer (presque toujours) en binôme composé par un instrument numérique et un instrument acoustique. Ce qui confèrent au dispositif d'improvisation des particularités que nous allons analyser en détail. Ces situations ont été très importantes, car elles nous ont révélé – dans la tension de la performance – les avantages et les inconvénients des décisions techniques prises dans la phase de lutherie.

Chapitre 6

Écriture et contrôle de la synthèse granulaire sur surface tactile

Le GMEM[570] (Groupe de musique expérimentale de Marseille) offre des stages de recherche et développement permettant de participer à des projets en cours[571] de ce centre national de création. Ces stages permettent aux étudiants en fin d'études de faire une expérience pratique et aux chercheurs et/ou doctorants la possibilité de développer leur propre recherche. C'est dans le cadre de ce dernier volet qu'en 2013, en deuxième année de doctorat, nous avons demandé un stage pour le développement d'un dispositif pour la création musicale. L'objectif principal de ce stage au GMEM a été la création d'un instrument sur une surface tactile. Le but était de pouvoir maximiser les potentialités de la synthèse granulaire à travers un travail de lutherie sur cette surface.

Les axes des recherches actuelles au sein du GMEM se concentrent principalement dans l'aide aux projets des artistes et au développement de solutions musicales pour leurs besoins techniques. Toutefois, une partie du temps des chercheurs de ce centre de création est dédié au développement de solutions numériques pour la création musicale telles que de nouvelles interfaces. Nous avons pu observer que, dans ce domaine, les chercheurs du GMEM ont commencé par l'utilisation des systèmes de captation vidéo du mouvement avec des appareils comme la *Kinect*. Avec ce type de systèmes, le musicien crée la musique à travers ses gestes devant une caméra, sans avoir d'objet physique à manipuler. Ils se sont cependant rapidement rendus compte de la nécessité

---

[570] Le GMEM a été créé en 1972 à Marseille par un collectif de compositeurs dont Georges Boeuf, Michel Redolfi et Marcel Frémiot et il devient un Centre national de création musicale en 1997.

"Ses missions sont définies dans un cahier des charges du Ministère de la Culture et de la Communication et reposent sur la production de la création musicale, la diffusion, la transmission et la recherche.

Dirigé depuis 2011 par Christian Sebille, le gmem-CNCM-marseille accompagne des équipes artistiques, notamment lors de résidences, produit des spectacles dans le domaine de la création musicale, conduit de nombreuses actions pédagogiques, d'enseignement, de formation et partage toutes ces activités lors de présentations régulières aux publics (concerts, installations, rencontres, sorties de résidences…)." *in* Présentation – GMEM Marseille, http://gmem.org/presentation/, consulté le 22 avril 2017.

[571] « Projets au GMEM », *GMEM Marseille - CNCM*, http://gmem.org/recherche/projets/, consulté le 20 août 2018.

d'avoir un objet physique avec lequel jouer et conséquemment le développement a été versé aux interfaces tactiles.

6.1 La synthèse granulaire : une recherche au GMEM

Depuis 2003, l'équipe de développement du GMEM avait le but suivant :

> « At GMEM, we want to create a flexible environment dedicated to the granular representation of sounds. It includes analysis algorithms performing granular decomposition of natural sounds treatments and transformations of analysis data, and off-line/real-time granular synthesis tools. In other words, we would like to design a granular analysis/synthesis tool[572]. »

Cet objectif a donné naissance en 2003 au projet *GMU* (GMEM *Microsound Universe*) dont le but était de créer des outils pour la génération et contrôle des microsons. Pour que la création de cet univers de la synthèse granulaire puisse être facilement adapté pour les musiciens, ils ont choisi de diriger le produit vers la communauté d'utilisateurs *Max/MSP*. Ainsi, la première option envisagée a été de créer cet univers directement dans l'environnement de programmation *Max/MSP*. Pourtant les résultats n'étaient pas suffisamment efficients et le développement a finalement été réalisé langage C, langage permettant d'obtenir la puissance nécessaire.

Finalement, le *GMU* est composé par trois objets dédiés à la synthèse granulaire se différenciant les uns des autres principalement par la façon d'obtenir les grains. Les objets implémentés sont : *bufGranul~*, *livegranul~ et syngranul~*. Le premier prend les grains des mémoires tampon (échantillons sonores) ; le deuxième prend les grains des entrées audio (d'une carte de son par exemple) et la dernière crée les grains par synthèse.

Pour notre projet de stage de lutherie multitactile, nous avons utilisé seulement l'objet *bufGranul~*.

Dans le prochain paragraphe, nous allons faire une rapide description des théories du

---

[572] Charles BASCOU et Laurent POTTIER, « GMU, a Flexible Granular Synthesis Environment in Max/MSP », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'05*, 2005, Salerno, Italie, p. 1.

granulaire et son utilisation en musique. À partir des théories qui sont ressorties du paradigme granulaire, nous allons voir comment les artistes et développeurs ont créé des outils pour faire de la granulation sonore et nous présenterons donc notre approche du granulaire.

6.2 Le paradigme granulaire

Les études en acoustique ont privilégié les théories ondulatoires du son jusqu'en 1907 lorsque Albert Einstein prédit les notions de quanta et de phonons acoustiques, confirmés six ans plus tard[573]. Einstein avait prévu que des vibrations ultrasonores pourraient se produire au niveau quantique de la structure atomique. La théorie subjacente à cette prévision apparaît avec l'ingénieur et physicien hongrois Denis Gabor quelques années plus tard lorsqu'il expose des expériences pratiques dans trois articles publiés en 1946[574], 1947[575] et 1952[576]. Dans ces articles, il met en avant certaines limites des théories ondulatoires telles que l'analyse de Fourier[577] où le temps n'est pas pris en compte. En effet, comme l'explique Gabor, « Fourier analysis is a timeless description in terms of exactly periodic waves of infinite duration. On the other hand it is our most elementary experience that sound has a time pattern as well as a frequency pattern. […] A mathematical description is wanted which *ab ovo* takes account of this duality[578]. À noter que ces travaux n'ont pas été réalisés pour la recherche en musique, mais pour les sciences de la communication. Ces recherches ont beaucoup intéressé d'autres chercheurs tels que Norbert Wiener, Abraham Moles ou

---

[573] Dans le cadre de cette thèse nous ne voudrons pas faire une description très approfondie sur l'histoire de la conception granulaire du son. Nous dirigeons le lecteur pour le chapitre 2 de Curtis ROADS, *Microsound*, Cambridge, Mass, MIT Press, 2001., où il fait une description historique depuis la Grèce ancienne. Il compare l'évolution des théories de l'onde sonore avec les théories corpusculaires du son. Pour le paragraphe 6.2.1 nous renvoyons le lecteur pour le chapitre 1 de ce livre où il décrit la perception du son à la micro échelle.

[574] Denis GABOR, « Theory of Communication. Part 3: Frequency Compression and Expansion », *Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part III: Radio and Communication Engineering*, novembre 1946, vol. 93, nº 26, pp. 445-457.

[575] Denis GABOR, « Acoustical Quanta and the Theory of Hearing », *Nature*, 3 mai 1947, vol. 159, nº 4044, pp. 591-594.

[576] Denis GABOR, « Lectures on Communication Theory », *Technical Report 238*, 1952, Research Laboratory of Electronics. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

[577] Sylvain MARCHAND, « L'analyse de Fourier », *in* François PACHET et Jean-Pierre BRIOT (dir.), *Informatique musicale: du signal au signe musical*, Paris, Hermès Sciences, pp. 365–402.

[578] Denis GABOR, « Acoustical Quanta and the Theory of Hearing », *op. cit.*, p. 591.

Werner Meyer-Eppler qui ont repris ces travaux quelques années plus tard[579].

Gabor propose la décomposition du son dans un ensemble de fonctions réalisées à partir de la transposition d'une particule gaussienne dans le temps et en fréquence, c'est-à-dire, que « toute sorte de son peut être décomposé dans une combinaison de milliers de grains élémentaires[580] ». Il appelle ces particules sonores quantum acoustique. À partir de cette représentation des quanta, il forme la matrice Gabor où le plan vertical représente le domaine des fréquences et le plan horizontal, la variation d'énergie du son dans le temps. Dans la Figure 42, nous pouvons observer la construction de cette matrice. Dans le premier tableau, les niveaux d'énergie sont représentés numériquement et dans le deuxième graphiquement. Le sonagramme représente la cartographie des valeurs des tableaux dans cet espace bidimensionnel. Ces quanta sonores peuvent donc être vus comme une représentation localisée de la transformation de Fourier.

À la moitié des années 1940, dans le cadre de ses projets, Gabor crée une machine pour faire des expériences avec la durée et la hauteur des sons à partir de la granulation des sons. L'objectif de cette machine était de pouvoir changer la durée des sons sans changer la hauteur et l'inverse. La machine prend des échantillons sonores d'une bande, des grains sonores, et dans une autre bande les assemble dans un flux continu. Si la machine prend plus lentement des grains sonores qu'une lecture normale, cela provoque une augmentation de la durée du son. Inversement, la compression du signal original peut être obtenue par une lecture plus rapide de ce signal.

6.2.1 Perception du microsonore

Les travaux comme ceux-ci de Gabor ont été importants pour connaître les seuils de perception de l'homme. Le mécanisme auditif a des seuils pour comprendre le contenu d'un son. Transcrivons le recueil de Bascou pour la création des objets *Max/MSP* du

[579] Curtis Roads montre l'intérêt de ces auteurs par le travail de Gabor : Meyer-Eppler donne des conférences à Darmstadt où il présente la matrice de Gabor pour l'analyse du son ; Moles en utilisant la théorie de l'information de Claude Shannon pour explorer l'esthétique de la nouvelle musique, applique la matrice de Gabor dans un espace tridimensionnel composé par les quanta de fréquence, amplitude et le temps. *in* Curtis ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, p. 63.

[580] *Ibid.*, p. 7.

GMU que nous présentons dans le prochain paragraphe.

« – Les fréquences entre 500 Hz et 1000 Hz doivent être jouées au minimum pendant 10 ms avant d'être perçues comme des hauteurs.

– Si une fréquence change, il faut 2 fois le temps qu'il a fallu pour entendre la première fréquence pour discerner le changement. Cette durée de reconnaissance de changement varie avec la fréquence. A basses fréquences, l'homme discerne plus vite.

– Le discernement d'un changement d'amplitude prend minimum 21 ms[581]. »

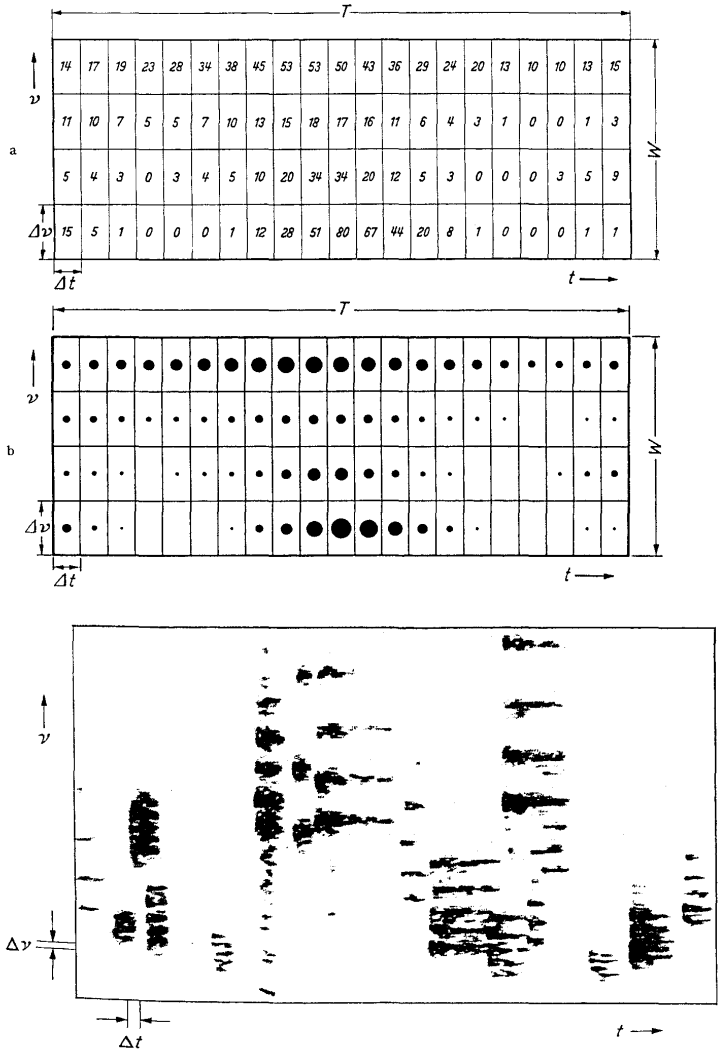


Figure 42 – Matrice de Gabor[582].

La compréhension d'un son est donc déterminée par sa zone fréquentielle et sa zone d'amplitude. Gabor a suggéré l'existence de deux mécanismes de détection des micros

[581] Charles BASCOU et Laurent POTTIER, « GMU, a Flexible Granular Synthesis Environment in Max/MSP », *op. cit.*, p. 9.

[582] Curtis ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, p. 60.

événements : un pour isoler l'événement et un second pour comprendre sa fréquence. La compréhension de la fréquence dépend de la durée du grain et nous avons une plus grande acuité auditive dans la zone des 1000hz-2000hz. Au-dessous de cette zone, l'ouïe a besoin d'une durée plus grande pour comprendre la fréquence. Toutefois, l'ouïe peut détecter des microsons jusqu'à 1 ms en les écoutant comme un clic. Même comme un clic, il est possible de comprendre la différence entre les grains avec une enveloppe temporelle et fréquentielle différente.

Pour notre instrument, nous avons choisi de limiter la taille des grains à une durée de 5 ms. Cette durée nous a semblé un bon compromis entre la perception des microsons et la charge computationnelle pour produire ce nombre de grains.

6.2.2 Théorie musicale du granulaire

Le premier à aborder le paradigme du granulaire dans le contexte musical a été Iannis Xenakis[583]. Il prend comme base les idées des phonons qu'Einstein avait commencé à discuter au début du XX^{e} siècle.

Solomos extrait six caractéristiques de l'approche au paradigme granulaire[584] de Xenakis qui ont conduit aux évolutions que nous avons aujourd'hui dans la conception du granulaire :

. La dualité entre onde et corpuscule : Xenakis parle de la crise de la musique sérielle en prévoyant l'adaptation des théories en débat à l'époque dans la physique à la musique, précisément la fin de l'utilisation du modèle spectral, de « la continuité du spectre des fréquences » et l'utilisation du corpuscule sonore dans la composition.

. Les notions de masse, nuage de sons et probabilités. Xenakis commence à utiliser des sonorités granulaires avec l'emploi des sons courts (par exemple les *pizzicatos* dans les cordes) avec l'utilisation des probabilités. Il compare ces

[583] Pour plus de détail de l'histoire du granulaire dans le travail de Xenakis, cf. Makis SOLOMOS, « The Granular Connection (Xenakis, Vaggione, Di Scipio...) », *Symposium The Creative and Scientific Legacies of Iannis Xenakis International Symposium, 2006.*, p. [publié a posteriori en italien : « Xenakis e il "circolo granulare" », *in* Agostino Di Scipio e Paolo Zavagna (éd.), Grani e texture sonore = revue Musica/Tecnologia n° 10, 2016, pp. 43-66].

[584] *Ibid.*, p. 4-6.

sons aux molécules faisant une métaphore du domaine physique au domaine sonore.

. La création des sons complexes, sonorités d'ordre supérieur. Ce point donnera origine à la synthèse granulaire. La création des sons complexes à partir de l'utilisation des « hécatombes » de grains a été pensée par Xenakis, même si, lui-même, n'a jamais pas utilisé le terme de synthèse sonore.

. La relation entre l'audition humaine et les caractéristiques acoustiques du son. Xenakis était bien conscient des seuils d'audibilité de l'individu. Sa théorie sur le granulaire reposait donc sur la question acoustique, mais aussi sur l'ouïe.

. La relation entre l'audition et la vision dans la formulation du paradigme granulaire. Xenakis fait une analogie entre le feu d'artifice, les points lumineux dans le ciel et les grains sonores : ils apparaissent et se dissipent en continuation. Xenakis parle d'une recherche audiovisuelle. Nous verrons plus tard un travail de recherche développant cette idée[585].

. Xenakis affirme ne pas avoir connu les théories de Gabor au moment où il a pensé au granulaire. L'idée des corpuscules sonores est issue des travaux d'Einstein publiés en 1907.

Les théories des corpuscules sonores ont inspiré la création d'une nouvelle façon de générer des sons : la synthèse granulaire. Si nous mettons ensemble une large quantité de ces quanta sonores, appelés aussi de grains, nous obtenons des masses sonores. Les caractéristiques morphologiques de ces masses sonores dépendent des caractéristiques individuelles de chaque grain. Par les caractéristiques des grains, nous nous référons à tous les paramètres du son comme la fréquence, la durée, l'enveloppe sonore, etc. Ces grains peuvent être créés de deux façons : par synthèse ou par découpage des fichiers audio en petits morceaux.

[585] Voir par exemple les travaux de Fernando FALCI DE SOUZA, « A Música Visual como alternativa aos modelos computacionais utilizados no controle da Síntese Granular em tempo real », *XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical (SBCM)*, 2015, pp. 235-246.,

6.2.3 Application musicale du granulaire

Les théories du granulaire ont influencé la pensée compositionnelle de plusieurs compositeurs qui ont adapté cette manière de traiter le son dans leur musique. Dans ce paragraphe, nous regardons de manière sommaire l'application musicale des pionniers de la synthèse granulaire tels que Curtis Roads, Barry Truax ou Horacio Vaggione. Solomos se réfère à l'utilisation du granulaire par ces compositeurs comme la « *granular connection* » et il explique cette dénomination : « And this is a "connection", and not a "line" (which would be drawn from Xenakis) as their aesthetics are totally different: Vaggione defines a multi-scale approach to time […]; Roads seems more interested in microsounds; with his soundscape compositions, Truax looks for going "inside a sound" and creating reverberation "in the listener's memory"[586]. » Roads commence à expérimenter le granulaire dans les années 1970 avec les études *Klang-1* et *Prototype*[587]. La première étude est réalisée avec le logiciel *Music V* pour créer numériquement les sept-cents et soixante-six grains qui composent un échantillon de trente secondes. Sa deuxième étude est une amélioration de la technique utilisée dans la première expérimentation avec le logiciel *PLFKLANG* créé par le compositeur. Le granulaire, en dehors de ces premiers essais, est finalement utilisé dans deux pièces des années 1980 : *nscor* et *Field*. Dans ces pièces, il utilise des échantillons sonores qu'il avait composés lors des cinq dernières années dans des circonstances différentes. Un des objectifs de ces pièces était la fusion de ces échantillons. Il l'explique : « I wanted to create a new work in which quite different sounds could all function. This was a deliberate attempt to go beyond the monochromatic approach, or the use of a single synthesis technique. The goal was to try to expand the range of sound color toward a polychromatic palette[588]. »

Le compositeur canadien Barry Truax adopte, quant à lui, les techniques du granulaire dans les années 1980. Il crée des logiciels pour réaliser la synthèse granulaire, il est notamment le premier à la réaliser à partir d'une source sonore en temps réel[589]. Dans

---

[586] Makis SOLOMOS, « The Granular Connection (Xenakis, Vaggione, Di Scipio...) », *op. cit.*, p. 9.

[587] Plus de détails sur ces deux pièces dans Curtis ROADS, *Microsound*, *op. cit.*, p. 303-305.

[588] *Ibid.*, p. 306.

[589] Pour une description détaillée de l'implémentation de Truax, voir *Ibid.*, p. 190.

son article de 1988[590], il explique l'intégration du granulaire dans sa musique. Pour lui, cette technique a provoqué un grand changement dans sa manière de composer. Il mentionne : « An abrupt break in synthesis technique, though not in conceptual approach, has occurred in my work over the past three years with the development and use of granular synthesis. » *(ibid*, p.1) et il continue : « The basis of granular synthesis in the seemingly trivial grain has had a powerful effect on my way of thinking about sound. It clearly juxtaposes the micro and macro levels, as the richness of the latter lies in stark contrast to the insignificance of the former. » *(ibid*, p.1) Sa première pièce *Riverrun* de 1966 a été composée avec des grains synthétisés à partir de signaux de formes d'onde et de synthèse FM. Les pièces suivantes *The Wings of Nike*, 1987 et *Tongues of Angels*, 1988 sont les premières composées à partir des grains retirés des échantillons sonores.

Dans le premier cas, les échantillons étaient deux phonèmes de durée de 170 ms d'un homme et d'une femme et dans le deuxième cas les grains provenaient de l'enregistrement d'instruments acoustiques. Il explique que, même avec ce matériel très court, il a pu construire des textures très riches. Comme le son résultant est composé d'une multiplicité de grains retirés de différentes positions de l'échantillon, son spectre est composé par la combinaison des caractéristiques spectrales de chaque grain. Si ces positions dans l'échantillon des grains utilisés sont très proches, ces caractéristiques sont accentuées. Dans le cas des phonèmes utilisés par Truax, les transformations se font progressivement à partir du changement du début du grain dans l'échantillon. Il explique sa démarche : « timbral changes are possible as the grains move (with changing offset) from the aspiration at the beginning of the sample, through the consonant to the pitch of the voiced vowel and finally past it. Microscopic timbral changes that normally go unnoticed become evident with the repetition of the overlapping grains. Formant regions become especially pronounced. » *(ibid* p.4) L'utilisation du granulaire permet le contrôle individuel de tous les paramètres du son. Ce qui donne la possibilité de faire des variations indépendamment de ses paramètres. Par exemple, Truax utilise la densité des grains pour l'accumulation et l'évaporation du son, ainsi que pour créer des effets de dynamique et d'agogique.

---

[590] Barry TRUAX, « Real-Time Granular Synthesis with a Digital Signal Processor », *Computer Music Journal*, 1988, vol. 12, nº 2, p. 14.

Truax soulève l'importance d'avoir des stratégies de contrôle compositionnel pour la gestion des paramètres. Le fait d'avoir des centaines, voire des milliers de grains par seconde, rend impossible la gestion individuelle de chaque grain. Des moyens de contrôle des paramètres s'avèrent donc nécessaires. Pour ses pièces, il crée des *presets* qui enregistrent les valeurs des paramètres et permet de les rappeler. Certains paramètres peuvent alors être manipulés en temps réel à travers l'utilisation d'un clavier. Il crée aussi des trajectoires (*ramp*s) de manière à entamer une évolution continue des paramètres qu'il souhaite manipuler. Le troisième moyen de contrôle des paramètres s'obtient par une combinaison des deux stratégies précédentes avec ce qu'il appelle *Tendency masks* qui donne une représentation visuelle pour le contrôle des paramètres. Au lieu d'avoir l'information textuelle « they appear as graphic control shapes to the composer and hence suggest a different compositional approach. » *(ibid*., p. 19)

Nous ne pouvons pas parler de la composition avec les microsons sans mentionner notre directeur de mémoire en master 1 et master 2 à l'Université Paris 8, Horacio Vaggione. Ce compositeur, théoricien, professeur émérite à l'université Paris 8 est une référence dans la composition avec les techniques du micromontage confirmée par son large répertoire de pièces. Mais ce sont surtout les concepts d'interaction et de complexité (évoqués dans la première partie) et son approche du micromontage qui constituent ses apports les plus importants. En effet, dès les années 1970, il compose des pièces avec le granulaire par exemple *La Maquina de Cantar* de 1978. Sa contribution à l'histoire de la musique se vérifie aussi par les théories qu'il a développées autour du travail du micromontage. Pour Vaggione, l'articulation dans les différentes échelles du temps est une question fondamentale. Le temps est en effet très important dans sa pensée. Il considère le temps comme étant irréversible et il prend les théories du corpusculaire en opposition des théories de l'ondulatoire où le temps n'est pas pris en compte. Son intérêt pour le microtemps et donc par le granulaire est dû au fait de pouvoir entrer dans l'intérieur du son. Solomos l'explique dans l'analyse de sa musique : « Vaggione stresses that a corpuscular description, unlike the oscillatory type, refers to irreversible time. The granular approach "enables us to work with complex morphologies in a space-time where irreversibility reigns: 'dissipative' structures that emerge within a directional space-time, rather than in symmetrical, smooth continuities". This is why,

in Vaggione's music, the granular approach is much more than a technique of synthesis. Not only does it permit him to articulate micro-time (synthesis), but he also applies it to macro-time (instrumental music). Moreover, he likes using the general concept of "granulation" and enjoys tracing it back to Lavoisier[591] » comme il le montre dans son article de 1996[592].

Agostino Di Scipio est un autre compositeur utilisant le granulaire dans sa musique que nous avons déjà mentionné dans les chapitres précédents à propos des propriétés émergentes et de l'auto-éco-organisation des grains sonores. L'approche de Di Scipio est cependant différente de Truax, Roads ou Vaggione, car son utilisation du granulaire fait partie de son processus compositionnel. Di Scipio crée les conditions avec lesquelles la musique peut avoir lieu. Pour lui « il s'agit de construire les conditions pour faire l'expérience, dans le son, du fait (décisif sous plusieurs aspects, même au-delà des limites des productions esthétiques) que chaque figure et chaque sujet, chaque fond et chaque objet, sont toujours connectés à chaque autre figure/fond et à chaque sujet/objet environnant et ci-présent, co-déterminé et co-déterminante[593]. » Di Scipio compose les interactions musicales. Plus précisément, il passe de ce que « should be described as a shift from creating wanted sounds via interactive means, towards creating wanted interactions having audible traces. »[594] C'est avec le granulaire qu'il trouve le moyen de faire émerger le son, de la même manière que l'ensemble d'improvisation construit son flux sonore (voir paragraphe 2.2.6). Il l'explique : « Le chaos et la dynamique des systèmes complexes, tels que rendus accessibles par des processus numériques itératifs, représentèrent pour moi une manière de composer de petites unités sonores de telle sorte qu'une sonorité d'ordre supérieur puisse se manifester d'elle-même durant le processus. » *(ibid*, p. 5)

Actuellement, une multitude d'applications pour la synthèse granulaire existent et les techniques du granulaire ont suscité de nombreux travaux. Timothy Opie nous présente une liste longue, mais non-exhaustive des logiciels de synthèse granulaire existants[595].

---

[591] Makis SOLOMOS, « An introduction to Horacio Vaggione musical-theoretical Thought », *Contemporary Music Review*, 2005, vol. 25, nº 4-5, pp. 311-326, p. 315, 316.

[592] Horacio VAGGIONE, « Articulating Microtime », *Computer Music Journal*, 1996, vol. 20, nº 2, pp. 33-38.

[593] Agostino DI SCIPIO, « Emergence du Son, Son d'Emergence », *op. cit.*

[594] Di Scipio cité in Makis SOLOMOS, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *op. cit.*, p. 7.

[595] Timothy OPIE, *Granular Synthesis: Software*, https://www.granularsynthesis.com/software.php, consulté le 29

Plusieurs interfaces originales ont été développées pour la manipulation de la synthèse granulaire. Dans un article où présentant sa propre interface nommée *GrainTrain*[596], Anil Çamci fait l'analyse de vingt synthétiseurs de granulation en temps réel créés entre 2000 et 2018. La multiplication des applications et instruments granulaires montre l'intérêt que représentent les théories du granulaire et le développement d'interfaces originales aux yeux de la communauté de la lutherie numérique pour la génération sonore et manipulation des paramètres.

La synthèse granulaire est aussi utilisée en dehors du domaine strictement musical. La composition de l'audio dans les jeux de vidéo en est une illustration[597]. Les processeurs de moteurs de jeu ont une puissance permettant la manipulation du son en temps réel. Avec la granulation, nous pouvons réaliser des effets d'étirement et de raccourcissement du son qui permettent de faire varier, par exemple, une phrase dite par un personnage sans qu'il soit nécessaire d'avoir plusieurs enregistrements de la même phrase. Un autre exemple peut être le son d'un public dans un stade qui, étant presque aléatoire pour la plupart du temps, pourra être obtenu d'un petit échantillon avec une variation de densité et de taille des grains. Un autre exemple peut être le travail de synthèse granulaire audiovisuelle qui associe l'image au son. Dans ce domaine, plusieurs approches coexistent :

- D'une part des applications qui utilisent la vidéo comme source pour prendre les grains qui contiennent déjà l'information audiovisuelle[598]. Ainsi en même temps que le moteur extrait des grains sonores, il génère les grains visuels dans le même synchronisme temporel.
- D'autre part des applications qui génèrent l'image à partir d'un *mapping* des paramètres du son dans des paramètres de l'image.[599]

Dans le paragraphe suivant, nous nous concentrons sur le travail que nous avons

---

mai 2019.

[596] Anıl ÇAMCI, « GrainTrain: A Hand-drawn Multi-touch Interface for Granular Synthesis », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2018, pp. 156-161.

[597] Leonard J. PAUL, « Granulation of Sound in Video Games », *Audio Engineering Society Conference*, février 2011, 41st International Conference: Audio for Games, pp. 1-6.

[598] Voir par exemple l'article Joshua BATTY, Kipps HORN et Stefan GREUTER, « Audiovisual Granular Synthesis: Micro Relationships Between Sound and Image », *Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death*, 2013, IE '13, pp. 8:1–8:7.

[599] Fernando FALCI DE SOUZA, *Música visual granular*, thèse de doctorat, Campinas, São Paulo, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2016.

développé lors de notre stage au GMEM avec une description détaillée des décisions prises au cours du développement de l'application *Granulator.*

6.3 Granulator – logiciels et applications

6.3.1 Tablette iPad, application Liine Lemur

Le prototype du contrôleur *Lemur* a été présenté en 2004 par une « jeune start-up bordelaise », *JazzMutant*. Ce prototype présentait plusieurs innovations. La première réside dans l'introduction d'un écran multitactile permettant l'utilisation des dix doigts simultanément. La seconde est de permettre à l'utilisateur de créer le design de son contrôleur à partir d'un éditeur (*Jazz Editor*) avec plusieurs objets préconçus disponibles dans la surface multitactile pour manipulation. Le succès de cette interface multitactile a intéressé plusieurs investisseurs dans le monde et l'entreprise devient *Stantum technologies* spécialisée dans différentes applications. La conséquence de ce succès a été la discontinuité de la fabrication du contrôleur *Lemur* en fin 2010.

Dès 2007, les *smartphones* avec écran tactile et les tablettes graphiques en 2010 ont remplacé le contrôleur multitactile de manière soutenable. La pérennité du produit est assurée par le transfert de toutes les fonctionnalités du contrôleur à une application pour ces nouveaux appareils multitactiles. Ce travail a été conduit par l'entreprise *Liine*[600] qui a implémenté une application initialement pour *iPad* avec les mêmes fonctionnalités de la version autonome de l'appareil. L'obsolescence du contrôleur innovateur *Lemur* originel a donné vie à l'application *iPad* en 2011. Nous allons revenir sur les aspects de l'obsolescence de notre instrument dans le paragraphe 7.7.

Le contrôleur *Lemur* s'est fait connaître par son interface multitactile. La communication avec d'autres logiciels était réalisée via MIDI et *OSC*. Plusieurs artistes dans le monde de la musique pop, techno ont utilisé le contrôleur *Lemur* et postérieurement l'application dans des appareils multitactiles[601]. Le design de l'interface de l'application *iPad* est complètement programmable à partir d'un éditeur

[600] « Liine.net », *Liine*, https://Liine.net/, consulté le 20 septembre 2018.

[601] « Artists using Liine Lemur », *Liine*, https://Liine.net/en/community/artists/, consulté le 20 septembre 2018.

et la connexion avec les autres périphériques s'obtient par *WiFi* ou par câble *USB* (dans certaines conditions). L'éditeur nous offre des objets préconçus déjà configurés avec une adresse *OSC* pour envoi de l'information vers les dispositifs. Ces objets correspondent à la transposition du design des contrôleurs physiques à des objets virtuels pour la surface tactile, par exemple, des curseurs, des boutons, des *switch*, etc. D'autres, moins habituels comme l'objet *Multiball*, donnent une nouvelle manière d'interagir avec les logiciels. Ces aspects innovateurs nous ont dirigé vers le choix de ce contrôleur pour l'interface gestuelle de notre instrument décrit dans le Chapitre 7.

Dans les prochains paragraphes, nous allons faire référence plusieurs fois à ces objets préconçus de l'application *Liine Lemur*. Pour faciliter la compréhension, nous allons expliciter brièvement le fonctionnement des objets les plus utilisés dans notre instrument et la manière dont ce dernier les utilise. Voici les objets utilisés :

- Multiball :

« Cet objet assigne chaque doigt à conduire une d'un numéro variable de balles (jusqu'à 10) dans un espace rectangulaire. Les balles peuvent être toujours visibles ou apparaître seulement quand nous touchons l'intérieur de l'espace. »[602] Ce dernier mode de jeu est appelé *Ephemeral mode*. Nous montrerons comment celui-ci a été utilisé dans *Granulator*.

Les interfaces de jeu dans notre contrôleur ont été conçues avec *Multiball*. Chaque balle correspond à une voix indépendante et sa position dans le rectangle correspond à la probabilité de jouer un grain d'un des quatre mémoires tampon qui peuvent être joués en même temps. Plusieurs options de jeu ont été programmées pour donner l'expressivité souhaitée. Pour chaque mouvement d'une balle, l'application envoie un vecteur de valeurs de toutes les balles pour chaque axe.

- Range

« Cet objet est un curseur avec une taille ajustable[603]. » Nous pouvons toucher les extrémités du curseur pour changer cette taille.

Cet objet est utilisé pour la sélection des seuils de valeurs des paramètres du granulateur et pour la sélection des morceaux d'échantillons de son à granuler. Il permet de faire

---

[602] LIINE, *Lemur User Guide* [Rapport], 2014, p. 104.
[603] *Ibid.*, p. 113.

« glisser » des blocs, de fixer la taille sélectionnée et de bouger ces blocs. Ce qui permet de faire des interpolations entre valeurs.

- *Knob* (Potentiomètre rotatif)

« Il émule deux types de potentiomètres : les classiques contraints entre un minimum et un maximum, ou encodeurs infinis qui peuvent arriver à n'importe quelle valeur à travers multiples successives tours[604]. » Ces deux types de potentiomètres sont utilisés dans plusieurs paramètres de l'interface, mais principalement dans les onglets d'accès aux paramètres avancés.

6.3.1.1 Connexion *WiFi*

La connexion avec le moteur sonore s'effectue par *WiFi*. L'interface gestuelle et le moteur sonore doivent être connectés dans le même réseau *WiFi* pour qu'ils puissent échanger les données. Pour ces deux éléments, il faut introduire les adresses IP[605] et le port de réception des messages. Un réseau par *USB* peut être mis en place pour échanger des messages avec le protocole *OSC*. Pour cela, les *iPad* doivent pouvoir faire l'*USB Tethering* (donc les *iPad* avec de la *3G/4G*). L'application *myWii* peut aussi être utilisée bien qu'elle ne soit pas acceptée par l'*AppleStore*. Ce n'est donc pas une solution recommandée par l'entreprise *Liine*.

Le port 8000 est la valeur par défaut. La définition de ports supplémentaires reste néanmoins utile dans les cas de communication avec d'autres interfaces du réseau. Par exemple le module de communication dont nous avons parlé dans le paragraphe 5.2.5. Le *Lemur* récupère l'adresse *IP* du réseau où il est connecté, mais l'adresse du moteur sonore doit être insérée manuellement par l'utilisateur. Du côté moteur sonore, nous avons une abstraction[606] qui permet d'effectuer un balayage dans le réseau pour identifier les dispositifs connectés à l'ordinateur. À l'aide de cette abstraction, il est possible de se connecter automatiquement à l'interface gestuelle. Pour que le scan dans l'initialisation de l'instrument fonctionne, le *Lemur* doit être allumé dans l'*iPad*.

---

[604] *Ibid.*, p. 96.

[605] Internet Protocol – identification unique pour identifier chaque dispositif connecté dans le réseau.

[606] En *Max/MSP* les abstractions sont des sous-modules qui réalisent une tâche spécifique. Ces sous-modules peuvent être utilisés plusieurs fois dans le même module ou dans d'autres modules de niveau supérieur.

La stabilité de la connexion est fondamentale pour l'efficacité de l'instrument. La connexion *WiFi* peut facilement être perturbée par les interférences de réseaux concurrents, par des obstacles ou des champs magnétiques[607]. La connexion via le câble *USB* permet de dépasser ce problème car les dispositifs restent connectés. La restriction de la mobilité de l'instrumentiste par la longueur du câble constitue cependant une limite du dispositif. Certes, la connexion *WiFi* a aussi une distance maximale pour le maintien du réseau, mais ce type de connexion permet une flexibilité de mouvements plus grande.

6.3.2 Logiciel Max/MSP

Le moteur sonore de cet instrument est créé dans *Max/MSP*[608] de la *Cycling74*. Ce logiciel est un langage de programmation graphique (ou visuelle) qui utilise la métaphore du synthétiseur analogique modulaire où les abstractions déjà conçues et intégrées dans le logiciel peuvent être connectées entre elles pour le flux de l'information. Ces abstractions, habituellement appelés objets sont des fonctions pour réaliser des opérations diverses : mathématiques, manipulations MIDI, transformations audionumériques, communication entre périphériques, etc.

Ce logiciel présente l'avantage de proposer des API's (*Application Programming Interface*) fournies par l'entreprise qui facilite le développement des objets. Les développeurs peuvent construire des objets selon leurs propres idées, algorithmes et besoins. C'est le cas de l'objet *bufGranul~* que nous utilisons dans ce projet. Il a été créé par Laurent Poittier et Charles Bascou au GMEM, car les outils existants n'étaient pas suffisamment performants par rapport aux besoins de l'équipe. Comme ils l'expliquent :

> « But for our application, *eg.* an high polyphony and accurate grain generator, we need

[607] Il nous est arrivé que dans un concert, où nous devrions faire un parcours avec notre *iPad* comme interface gestuelle, il y avait un passage par une salle des machines où le champ magnétique émanant de ce lieu nous empêchait tout le type de communication dans le réseau *WiFi*.

[608] Pour plus d'informations sur l'histoire de ce logiciel voir l'article de Miller Puckette, son développeur : M. PUCKETTE, « The Patcher », *Proceedings, ICMC. San Francisco: International Computer Music Association*, 1988, pp. 420–429.

an efficient and optimized synthesis engine which can only be done by programming an external in C langage. Moreover, the current objects available in *Max/MSP* have found to be too much specialized in a specific application of this wide synthesis scheme. We thus developed a granular synthesis MSP object called *bufGranul~* performing multi buffer granulation (ie. recorded sound granulation) with buffer based envelope[609]. »

Objets importants *Max/MSP* pour ce travail :

- ***bufGranul~***

L'objet *bufGranul~* crée de la granulation à partir du découpage des échantillons sonores stockés dans des mémoires tampon. Il donne plusieurs possibilités de manipulation des paramètres et il est capable de les manipuler à la vélocité du taux d'échantillonnage. De même, les mémoires tampon peuvent aussi être changées à la même vélocité. Les enveloppes sonores n'ont pas été pensées pour une variation si rapide. Le changement d'enveloppe se réalise par message. Ce qui signifie que le système peut attribuer ou remplacer une enveloppe à chaque milliseconde. (Le calcul de la fonction de probabilité de l'enveloppe est réalisé de la même manière que pour les échantillons sonores, mais il est converti en numéro avec l'objet *snapshot~*[610]. Ce procédé procure une très grande flexibilité pour la manipulation des grains sonores.

Avec *bufGranul~* il est possible d'utiliser jusqu'à 512 échantillons de son en même temps, chacun avec ses propres valeurs de paramètres. Notre objet *bufGranul~* est paramétré avec les variables explicitées dans le Tableau 2.

begin	time position in milliseconds where the grain waveform is picked in the sound buffer.
detune	transposition factor (ie. read speed) of the grain waveform. For example, 1. corresponds to original speed, 0.5 to lower octave, 2. to upper octave. Note that if the speed is negative the buffer waveform is read backward.
amp	linear amplitude of grains.
length	length in milliseconds of the grains. Note that when length is negative, the envelope is read backward.

[609] Charles BASCOU et Laurent POTTIER, « GMU, a Flexible Granular Synthesis Environment in Max/MSP », *op. cit.*, p. 1.

[610] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#snapshot~

pan- dist	spatialization parameters of the grains.
buffer	sound buffer number where grain waveforms are picked from.
[enveloppe	enveloppe buffer number where for the grain buffer]

Tableau 2 – Paramètres de l'objet *bufGranul~*[611]

Nous ajoutons l'enveloppe car nous le traitons comme un paramètre. En effet, nous appliquons une gestion spécifique similaire à celle des mémoires tampon avec les échantillons sonores.

- ***rand_dist_list~***

L'objet *rand_dist_list~* génère des valeurs aléatoires à partir d'une fonction de distribution. Les développeurs du GMEM ont eu le besoin de créer cette abstraction pour avoir accès à des fonctions de probabilité personnalisables au lieu de celles de l'équiprobabilité des objets existants dans *Max/MSP*.

L'objet est utilisé dans l'abstraction *tranche_ctrl* pour générer des valeurs aléatoires selon une fonction de probabilité que l'utilisateur peut dessiner directement dans cette abstraction. Le module est représenté dans la Figure 43 pour la gestion de la fonction de probabilité de la transposition des grains.

[611] Tableau construit à partir de la description des paramètres dans Charles BASCOU et Laurent POTTIER, « GMU, a Flexible Granular Synthesis Environment in Max/MSP », *op. cit.*, p. 2.

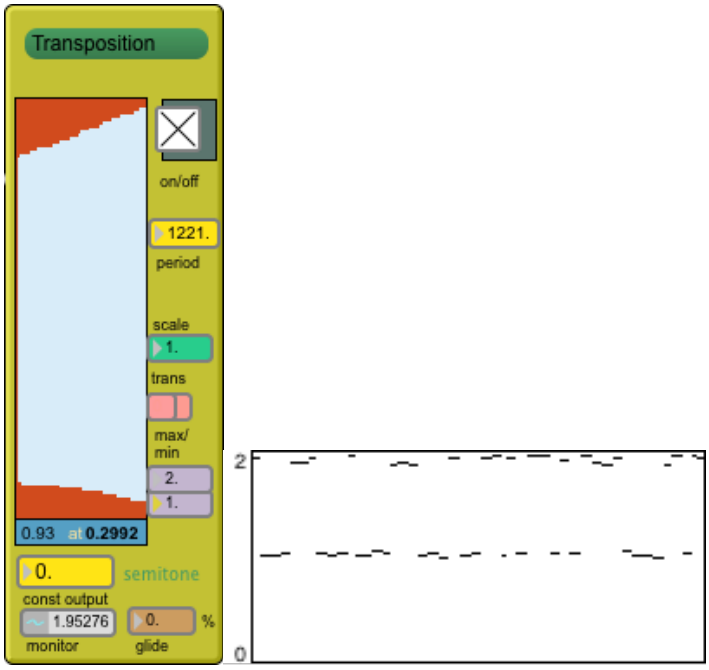


Figure 43 – Abstraction *tranche_ctrl* pour génération de la fonction de probabilité et le résultat de la fonction

Le cas de la Figure 43 (*tranche_ctrl* à gauche) présente 1221 valeurs envoyées par seconde dans une gamme de valeurs entre 1 et 2. À droite de la Figure 43, le graphique nous montre le résultat de cette fonction de probabilité.

Les paramètres de cette abstraction sont les suivants :

- fonction de probabilité (objet *multislider* en orange) – la fonction effective qui sera envoyé entre les valeurs max et min.
- *period* – fréquence de génération de valeurs
- *scale* – étend ou raccourcis la différence entre les valeurs *max/min* de la fonction
- *trans* – permet de faire une translation des valeurs *max/min*. Le carré de gauche glisse la partie entière et le carré de droite la partie décimale.
- *const* output – au lieu de la fonction de probabilité il est possible d'envoyer une valeur constante
- *monitor* – montre la valeur envoyée
- *glide* – permet d'envoyer un pourcentage des valeurs générées

- ***Lemur Client***

La communication entre le contrôleur multitactile et le moteur sonore de *Granulator* est réalisée à travers des messages *OSC* qui sont envoyés et reçus par *WiFi*. Pour cette communication, l'utilisateur doit indiquer les adresses de chaque périphérique et une porte d'entrée des messages. Du côté du moteur sonore, des objets spécifiques ont dû

être implémentés pour assurer cette communication. Pour cet échange de données, nous avons utilisé les objets, rendus disponibles par l'entreprise *Liine* basés sur l'objet *OSC-route* du *CNMAT*[612], compatibles pour cette communication.

Nous allons désormais décrire le projet que nous avons réalisé au GMEM et son intégration à notre instrument numérique.

6.4 Granulator – Interface gestuelle

Nous avons déterminé dans les différents onglets de l'application dans l'interface gestuelle un schéma de couleurs transversal pour permettre à l'utilisateur de naviguer facilement dans les différents espaces de l'instrument. Plusieurs méthodes nous permettent de rendre la manipulation et l'état des paramètres plus compréhensibles : l'accompagnement par la couleur, des indications précises sur chaque élément sont écrites en anglais. Dans le cas des valeurs des paramètres, ceux-ci sont actualisés en temps réel avec le moteur sonore.

Pour revenir au schéma de couleurs, les vertes correspondent à la gestion des mémoires tampon contenant les échantillons sonores. Ces quatre mémoires tampon utilisés sont colorés par différentes nuances de vert pour aider l'utilisateur à discerner la manipulation de l'échantillon.

Dans *Granulator*, il y a deux espaces de jeu représentés respectivement par les couleurs bleue et violette. Tous les objets bleus correspondent à la manipulation des paramètres contrôlant l'espace de jeu bleu. La même configuration est établie pour le violet correspondant à l'espace de jeu violet. Les objets qui ne contrôlent pas un de ces deux espaces ou les échantillons de son ont la couleur rouge foncé – le curseur *Master*, les *presets*.

[612] « Max objets », *CNMAT*, https://cnmat.berkeley.edu/downloads, consulté le 12 septembre 2018.

6.4.1 1 – Main page

La Figure 44 correspond à l'onglet de la page principale du *Granulator*. Il est constitué d'une partie dédiée aux échantillons sonores chargés dans la mémoire du moteur sonore ; d'une partie pour le choix des enveloppes sonores pour chaque mode de jeu ; une section pour les paramètres principaux des grains pour chacun des modes de jeu (densité, transposition et taille des grains) ; les modes de jeu en soi pour chaque espace de jeu ; les *presets* ; et les curseurs pour contrôler le volume.

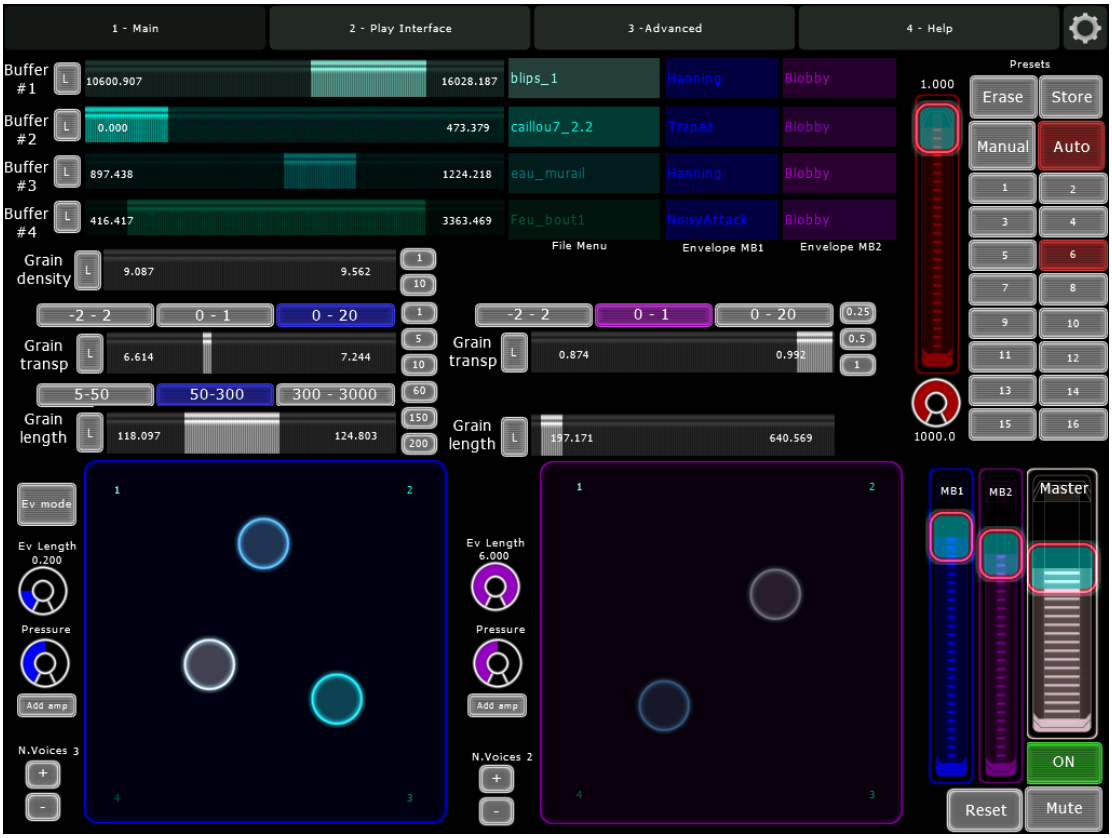


Figure 44 – Panneau principal de l'interface gestuelle de *RJ.*

Pour choisir ou changer un échantillon de son pour un des quatre mémoires tampon, nous devons appuyer sur un des menus (verts) *Sound File* (au dessus de *File menu)* qui ouvre la liste des échantillons chargés dans le système. Ensuite, avec l'objet *Range*, nous pouvons choisir le morceau du fichier que nous voulons utiliser pour la granulation. La longueur (fixe) de cet objet correspond à la taille du fichier choisi et les valeurs de début et de fin de la sélection du morceau sont affichées dans les extrémités de l'objet même. Le bouton « L » (de *lock*) active la fonction « glisser la sélection » de l'objet *Range* pour maintenir la durée auparavant choisie. Cette fonctionnalité existe pour tous les paramètres qui utilisent cet objet.

Les menus bleus et violets sont dédiés à la liste d'enveloppes sonores. Ils permettent le choix d'une enveloppe différente pour les grains de chaque échantillon sonore. Ceux-ci sont chargés automatiquement dans le moteur et ce menu est toujours « alimenté ». Dans le paragraphe 6.5.6, nous parlerons de la gestion des enveloppes sonores.

Dans l'espace bleu, nous avons le contrôle de trois paramètres de grains : nous pouvons modifier la densité, la transposition et la taille des grains. Pour chaque paramètre, nous avons des valeurs par défaut permettant d'accéder plus rapidement aux valeurs plus communes. Par exemple, pour la transposition entre 0 et 1 nous avons les valeurs prédéfinies « 0.25 », « 0.5 » et « 1 » ce qui correspond respectivement à la transposition du son deux octaves plus graves, une octave plus grave et sans transposition.

L'espace violet – le MB2 – a une caractéristique particulière : la densité des grains a toujours la valeur un (1). C'est-à-dire qu'il y a un maximum d'un grain à chaque instant, ou dit autrement, il n'y a pas de superposition des voix ou grains. Ainsi, nous pouvons modifier en temps réel les autres deux paramètres : la transposition et la taille du grain. Les réglages au-dessus des espaces de jeu correspondent aux paramètres des grains. Les réglages des voix (les balles) et la gestion des paramètres qui modifient le résultat du toucher dans les espaces de jeu sont disponibles, quant à eux, du côté des espaces de jeu.

Avec le système allumé, tant qu'il y aille une balle visible il y a des grains générés et donc du son. Nous avons deux modes de gestion des balles dans le MB1 : nous pouvons choisir que les balles soient toujours visibles – *continuum mode* ; ou de faire apparaître la balle seulement quand nous touchons l'espace de jeu – *event mode*. Dans ce dernier cas, la balle s'éteint progressivement avec une durée prédéfinie et réglable en temps réel – *event length*. Cela est transposé au son. Il s'agit donc d'un *decrescendo* jusqu'à la disparition du son. Dans le MB2, nous avons seulement ce deuxième mode de jeu – *event mode*. Les balles (et donc le son) existent quand nous avons les doigts appuyés sur l'espace de jeu.

Le nombre de voix dans chaque espace est réglable en temps réel et nous pouvons choisir le nombre de voix simultanées. Dans l'espace bleu, nous pouvons avoir un minimum d'une voix et un maximum de quatre voix. Ce qui signifie que nous pouvons utiliser un maximum de quatre doigts dans cette surface. Dans MB2, nous avons choisi d'avoir une voix en plus et donc cinq voix simultanées possibles. Enfin, nous pouvons

choisir le pourcentage de l'influence de la pression[613] des doigts dans le son. La pression affecte la densité des grains et l'amplitude des grains peut aussi être modifiée avec la pression des doigts lorsque l'option *Amp* est allumée. La densité et l'amplitude des grains augmentent avec la pression.

Tous les paramètres sont enregistrables dans la mémoire du dispositif avec un système de *presets* (avec 16 *presets* au maximum). Ceux-ci peuvent être enregistrés (*Store*) et utilisés en temps réel à tout moment en appuyant sur le chiffre correspondant. Nous pouvons donc interpoler entre situations différentes de jeu préenregistrées. Par exemple, nous pouvons enregistrer un *preset* avec des valeurs basses de transpositions et un autre avec des valeurs hautes. Une interpolation entre ces deux *presets* causera un *glissando*. Le musicien peut choisir de faire l'interpolation automatiquement selon le temps d'interpolation qu'il a défini ou il peut le faire manuellement avec un curseur dédié. L'interpolation manuelle a l'avantage de pouvoir s'arrêter dans des valeurs paramétriques intermédiaires. Éventuellement, ces valeurs pourront être à nouveau enregistrées dans un nouveau *preset*. Pour effacer une de ces valeurs enregistrées, il suffit d'appuyer dans le bouton *Erase* et ensuite sur le numéro du *preset* à éliminer. Dans l'Exemple multimédia 5.[614], nous pouvons voir le fonctionnement de la page principale de l'instrument.

6.4.2 2 – Play Interface

L'onglet *Play interface* propose des espaces de jeu élargis offrant une précision plus grande à l'utilisateur. S'y trouvent les espaces de jeu et les contrôles pour modifier les valeurs des paramètres des grains ou des modes de jeu.

Un des objectifs de ce granulateur est d'obtenir des modes de jeu où l'expressivité puisse être mise en avant. L'expressivité est augmentée par deux nouveaux modes de jouer : d'une part, par la pression des doigts sur la surface qui change la densité des grains et d'autre part par le *Speed Change*. En effet, l'onglet *Play Interface* présente deux fonctionnalités qui n'existent pas dans le *Main* : *Physics* et *Speed Change*. La

[613] Dans la version développeuse de l'application *Liine Lemur*, l'attribut *pressure* est disponible. La pression des doigts correspond à la surface du doigt sur l'écran tactile.

[614] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/zGLwL3uWu0E

première fonctionnalité gère deux types de mouvement de balle : le premier type permet de bouger la balle simplement avec les doigts ; le deuxième permet de pousser la balle et de lui faire gagner une vitesse définie par un autre paramètre contrôlable en temps réel : *Ball speed*. Elle ne s'arrêtera plus jusqu'à que ce que le modèle physique soit modifié.

Comme son nom l'indique, la fonctionnalité *Speed Change* modifie les paramètres des grains selon la vitesse des balles. Les intervalles de valeurs des paramètres de la transposition, l'amplitude et la taille du grain sont élargis selon la vitesse de la balle. Ainsi, plus la balle bouge vite, plus l'ambitus des valeurs aléatoires des paramètres augmente et, par conséquent, plus le son produit est chaotique. Pour rappel, nous utilisons l'abstraction *tranche_ctrl* pour générer les valeurs aléatoires.

En réalité, la pression des doigts correspond à la surface du doigt en contact avec l'espace de jeu. Il s'agit d'une caractéristique intéressante à utiliser. Nous avons donc choisi d'affecter cette pression à la densité des grains et à leur amplitude sonore. Nous pouvons définir la pression sur le son avec le réglage du potentiomètre rotatif nommé *pressure*. Nous voyons clairement ici un exemple de *mapping* divergent : le mouvement d'un doigt manipule quatre paramètres des grains (l'amplitude, la transposition, la densité et le choix du grain).

L'utilisateur doit garder à l'esprit que le mouvement des balles dans l'onglet *Play Interface* s'effectue en miroir de l'onglet principal. Ce qui veut dire que les changements effectués dans un espace de jeu sont répercutés dans l'espace de jeu équivalent dans l'onglet *Main Page*. L'Exemple multimédia 6.[615], montre les possibilités du jeu dans cet onglet.

[615] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/xMHTjvaftE0

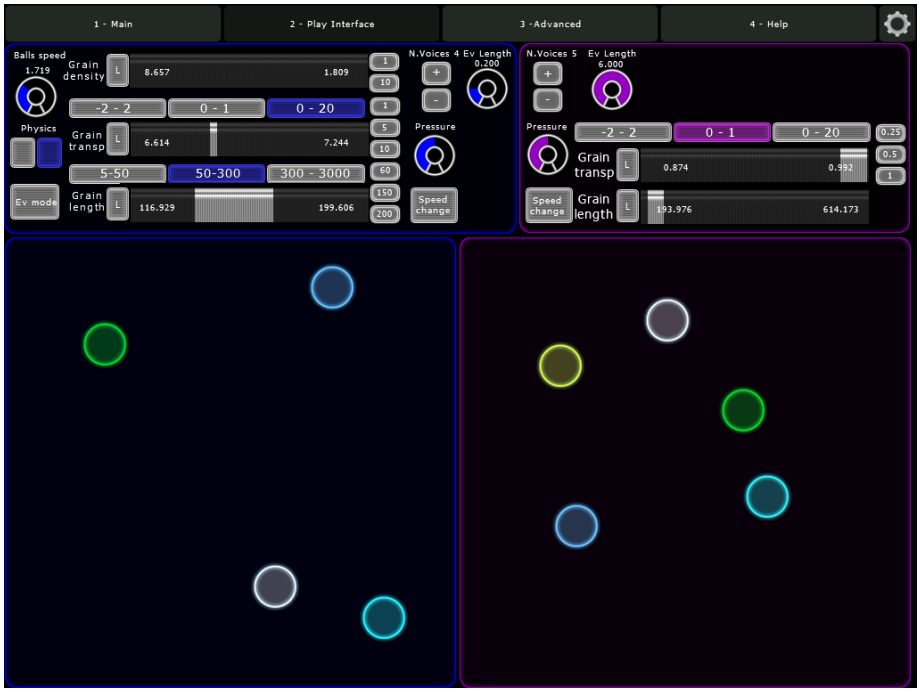


Figure 45 – Onglet *Play Interface* de *Granulator*

6.4.3 3 – Advanced

L'onglet *Advanced* donne les moyens d'accéder aux paramètres de chaque mémoire tampon individuellement. Cet accès aux paramètres du granulateur se fait par l'accès direct à l'abstraction *tranche_ctrl* (voir paragraphe 6.3.2). Avec cette abstraction, nous pouvons insérer des valeurs aléatoires dans les valeurs prédéfinies. Dans la synthèse granulaire, la variation de ces valeurs est très importante pour obtenir des sons « vivants ». Ces valeurs peuvent être modifiées en temps réel et l'accès se fait dans cet onglet.

Les valeurs aléatoires de sortie sont déterminées entre un seuil inférieur *Set min* et un seuil supérieur *Set max*. La valeur *Scale* est calculée par la différence entre *Set min* et *Set max*. L'augmentation de la valeur de *Scale* a pour résultat l'augmentation de la différence entre les seuils. La transposition (*Shift transposition*) fait bouger les seuils dans le même sens. Une valeur constante est ajoutée à l'ensemble des seuils.

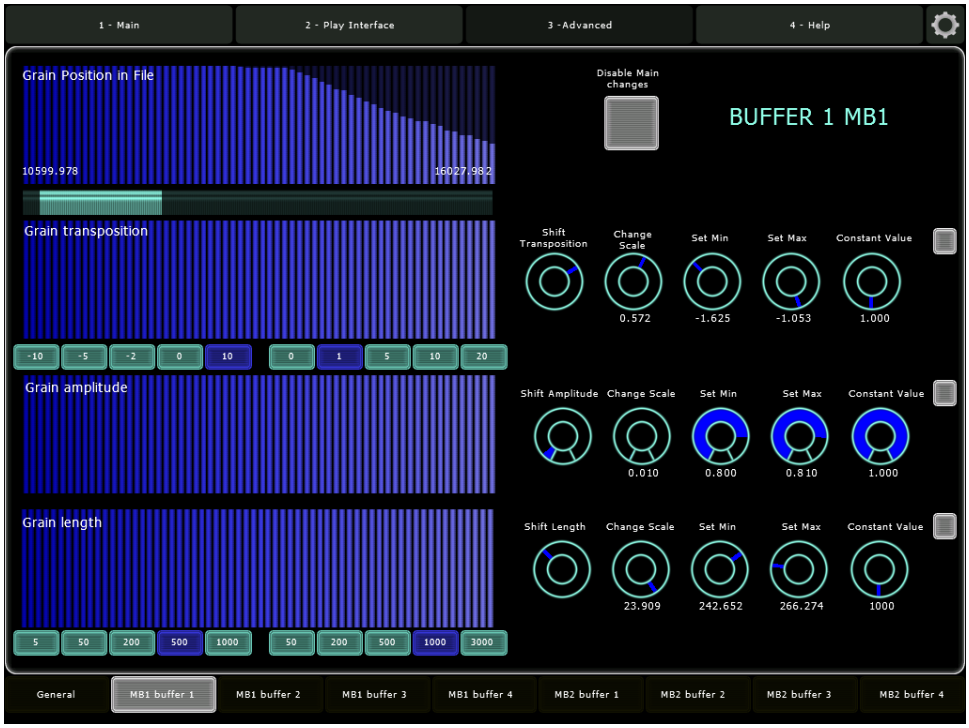


Figure 46 – Onglet *Advanced Buffer 1 MB1* de *Granulator*

L'objet « *Multislider* » définit une fonction de probabilité pour un paramètre. Par exemple, dans la Figure 46, nous pouvons observer que le *Multislider* pour la position du fichier a une courbe de probabilité descendante dans les valeurs plus hautes (côté droit), c'est-à-dire qu'il y aura moins de probabilité d'avoir des grains choisis de la fin du fichier de son.

Le bouton *Disable Main Changes* en haut de l'onglet *Advanced* permet de bloquer les changements de paramètres qui auraient été effectués dans les deux premiers onglets (1 – *Main* et 2 – *Play Interface*). Cela permet de conserver la sonorité associée d'une mémoire tampon qui a été finement paramétrée préalablement.

Le menu qui permet d'aller vers les paramètres avancés d'une autre mémoire tampon se trouve dans le menu en bas de l'onglet.

La mémoire tampon que nous sommes en train de modifier est facilement distinguable à travers notre schéma de couleurs. Dans la Figure 46, la couleur verte nous indique qu'il s'agit des options avancées pour le *Buffer 1*. La couleur bleue correspond à l'espace de jeu MB1 dans la logique des couleurs que nous avons expliquée auparavant.

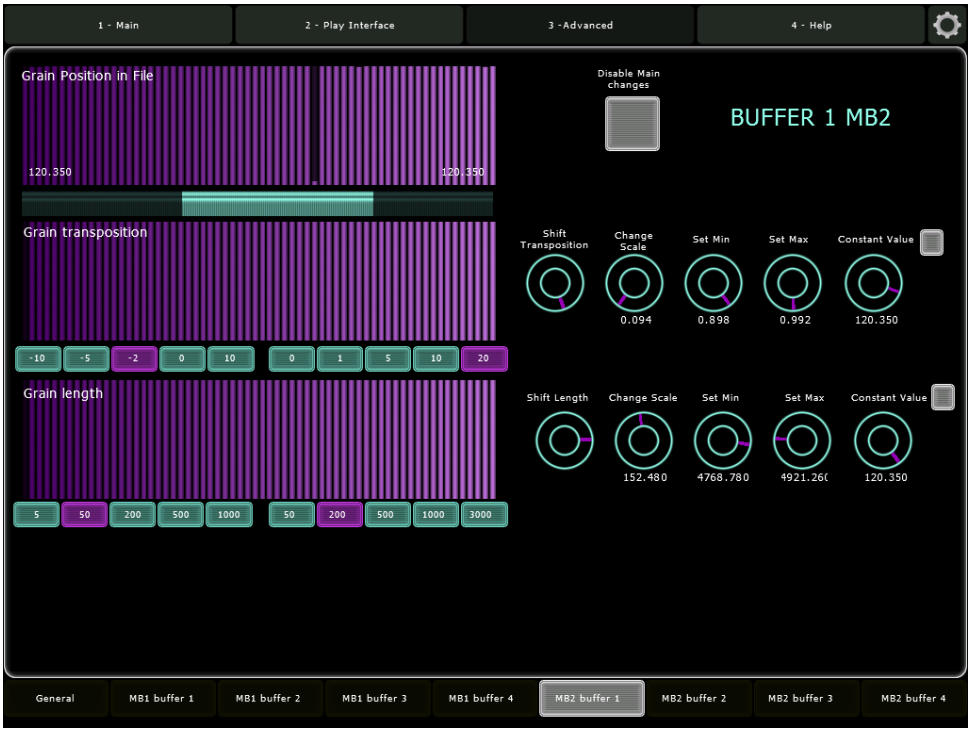


Figure 47 – Advanced Buffer 1 MB2

L'onglet *General* permet de gérer la configuration des autres paramètres généraux de l'instrument qui sont sans relation directe avec les mémoires tampon. Il comprend les outils de normalisation simultanée ou séparée des échantillons de son. Via l'onglet *Général*, il est possible d'accéder et de modifier les paramètres de densité correspondants à l'espace de jeu MB1, c'est-à-dire de pouvoir changer la courbe de probabilité et de définir les seuils des valeurs de manière identique que dans les autres onglets *Advanced*. Finalement, nous pouvons changer le nombre maximal de voix simultanées que le granulateur peut produire dans chaque instant. Pour rappel, l'objet permet un maximum de 512 voix simultanées et par conséquent dans cet onglet le maximum de voix que l'utilisateur peut choisir sera cette valeur. (Exemple multimédia 7.[616])

[616] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/uVGpWqIs3Hs

6.4.4 4 – Help

Nous avons choisi d'inclure l'aide directement dans l'application dans un onglet dédié présenté ici. Cet onglet consiste à donner de petites explications à l'utilisateur afin de faciliter l'usage du contrôleur. Dans la Figure 48, nous pouvons observer l'organisation de cet onglet.

Chaque onglet ou élément d'un onglet non explicite est expliqué dans l'« aide » avec des informations pertinentes sur les objets et leur mode d'emploi. Ainsi, quatre sous-onglets ont été créés : 0 – *Help ;* 1 – *Help Main* ; 2 – *Help Main/Advanced* ; 3 – *Help Advanced*.

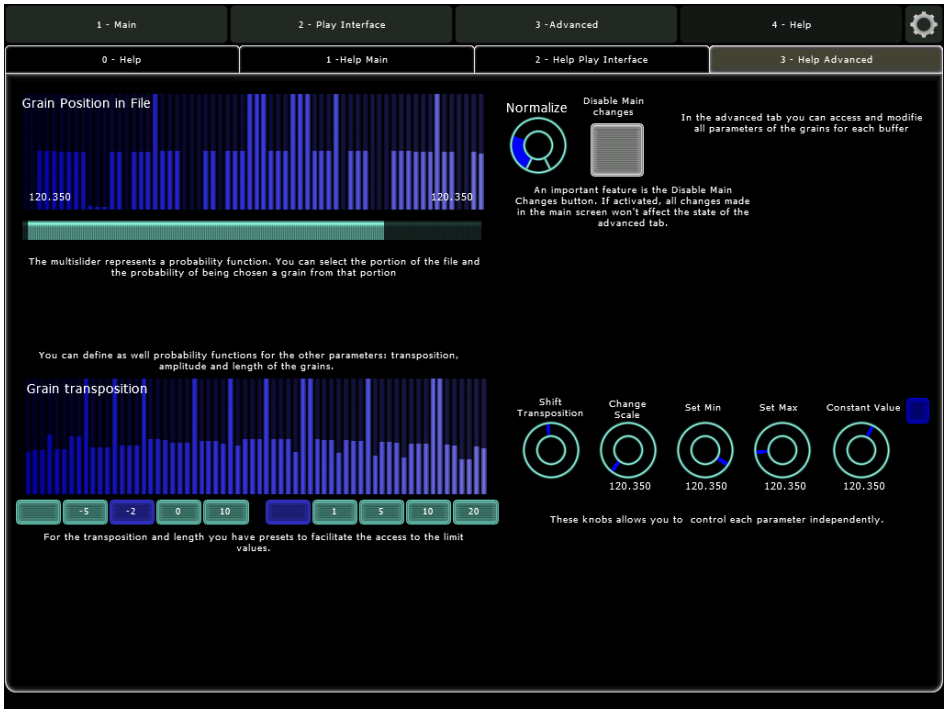


Figure 48 – Onglet *Help Interface* de *Granulator*

6.5 Granulator – moteur sonore

6.5.1 Interface utilisateur moteur sonore

Nous avons essayé de construire une interface en *Max/MSP* qui soit le plus proche possible de celle de la surface tactile. L'objectif est de pouvoir contrôler les paramètres de manière identique à l'interface gestuelle.

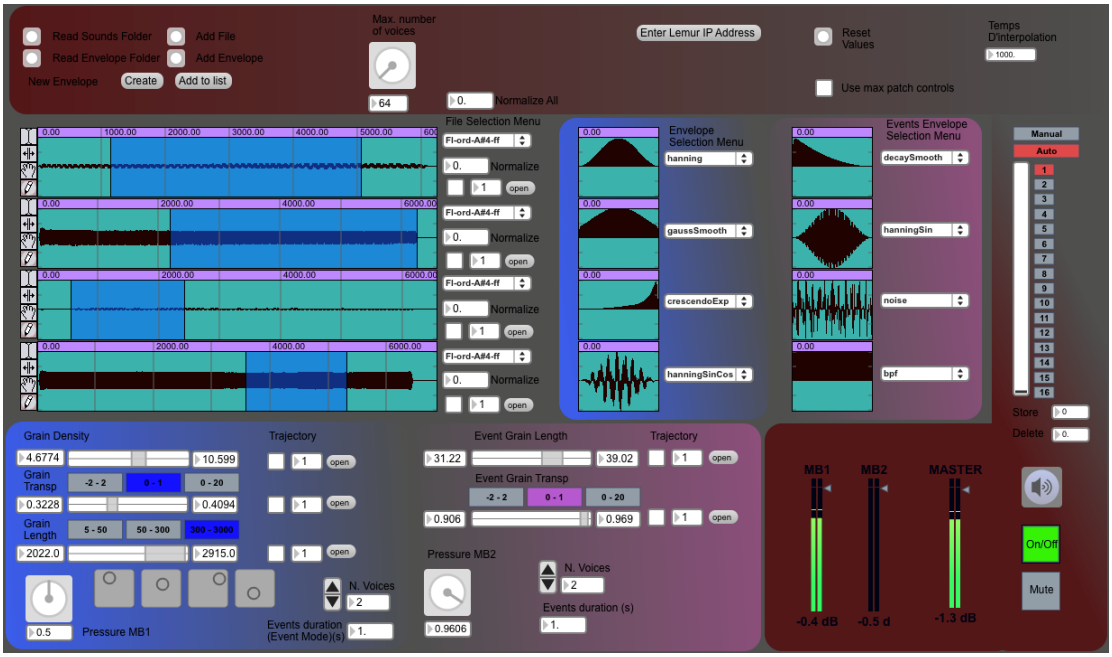


Figure 49 – Interface utilisateur du moteur sonore de *Granulator* sur *Max/MSP*

Il existe forcément des différences entre les deux interfaces à cause de la nature même du dispositif. Par exemple, les espaces de jeu, construits avec les objets *Multiball* dans *Lemur*, n'existent pas sur *Max/MSP* et il n'existe pas d'objets équivalents. Nonobstant, nous tenons à nous approcher au maximum de l'interface gestuelle. C'est pourquoi, pour les espaces de jeu, nous avons inséré des espaces (avec l'objet *pictslider*) afin de contrôler chacune des quatre voix. L'utilisateur peut ainsi utiliser le granulateur à partir de l'interface dans *Max/MSP*, mais sans le contrôle comme dans le mode éphémère et sans les propriétés physiques que l'objet *Multiball* proportionne à ses balles dans *Lemur*.

Inversement, il y a des fonctionnalités insérées dans le moteur sonore qui ne pouvaient pas être incluses dans l'*iPad* car spécifiques à *Max/MSP*. Ainsi, en plus, du contrôle des paramètres des grains, dans le moteur sonore, nous pouvons créer des trajectoires pour les valeurs de ces paramètres avec le dessin de la variation de ces données. Pour cela, nous avons adapté les objets *Trajectory tools* de J.B. Thiebaut[617] que nous pouvons voir dans la Figure 50. Nous avons utilisé cet outil pour créer des trajectoires dans les

[617] Jean-Baptiste THIEBAUT, « A Graphical Interface for Trajectory Design and Musical Purposes », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Paris*, 2005, Université Paris 8, MSH Paris Nord.
Les modules originaux sont disponibles dans la page web de J.-B. Thiebaut : Jean-Baptiste THIEBAUT, « Patchs Max/MSP/Jitter », http://jbthiebaut.free.fr/en/max.htm, consulté le 12 juillet 2013.

paramètres des grains et pour la sélection des parties de l'échantillon sonore. Ces paramètres sont contrôlés dans l'interface gestuelle avec l'objet *Range.* Ainsi, pour le *mapping*, nous avons attribué l'axe X au début de la sélection et l'axe Y à la fin de la sélection.

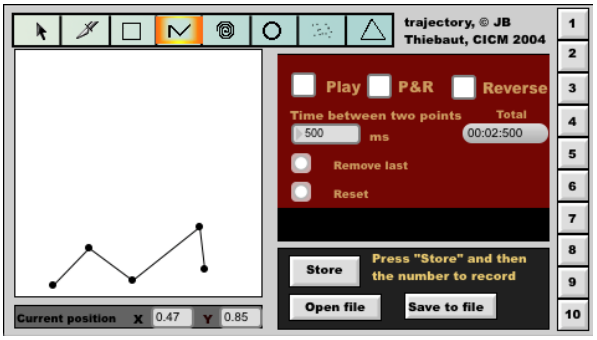


Figure 50 – *Trajectory Tools* de J.B. Thiebaut modifié.

Nous avons utilisé cet objet modifié dans le dessin des trajectoires pour les différents paramètres de la granulation de l'interface utilisateur du moteur sonore ainsi que dans la sélection à l'intérieur de chaque échantillon sonore.

Cette interface de création de trajectoires permet de dessiner les formes les plus communes telles que le carré, l'ellipse, le cercle, le triangle mais aussi des formes dessinées par l'utilisateur ou encore des valeurs aléatoires dans une certaine région. L'intérêt d'inclure cette interface dans notre système est qu'elle rend possible l'automatisation relative du contrôle des paramètres par le geste[618]. Le musicien peut ainsi utiliser ses deux mains pour produire des sons (la sélection des grains) sans se préoccuper de modifier les autres paramètres via l'interface. Par souci de cohérence avec l'utilisation de notre instrument, nous avons ajouté plusieurs autres fonctionnalités dont des trajectoires – par exemple l'aller-retour – avec le mode d'introduction des points. En accord avec la philosophie du *Granulator,* nous avons aussi introduit la possibilité d'enregistrer les trajectoires avec le même type de *preset* que ceux intégrés dans l'interface principale à la différence que l'enregistrement dans un fichier n'est pas automatique. Si l'utilisateur souhaite enregistrer les trajectoires qu'il a créées, il peut le

[618] Au GMEM, des travaux sur l'automatisation du geste sont en cours et des résultats initiaux ont été présentés : Charles BASCOU, Valentin EMIYA et Mathieu LAURIÈRE, *The problem of musical gesture continuation and a baseline system*, Ann Arbor, MI: Michigan Publishing, University of Michigan Library, 2016.Nous prévoyons d'inclure ces fonctions dans notre système.

faire en appuyant sur le bouton *Save file.* Ce qui produit l'ouverture d'une fenêtre dans laquelle il indique le nom du fichier et enregistre les trajectoires. L'utilisateur peut ainsi également ouvrir des trajectoires enregistrées au préalable. Un exemple de l'utilisation de ce module est visible dans l'Exemple multimédia 8.[619].

La création des enveloppes sonores pour les grains est une deuxième fonctionnalité du moteur qui est absente de l'interface gestuelle. Le générateur d'enveloppes a été créé par Charles Bascou[620] et nous l'avons intégré tel quel dans notre moteur sonore. L'explication de cette fonctionnalité sera présentée dans le paragraphe 6.5.6.

6.5.2 L'initialisation de l'instrument

Dans notre démarche de construction de *Granulator*, nous souhaitions que l'utilisateur ait un minimum d'actions à mener pour commencer à générer du son. Nous avons pour cela travaillé sur l'automatisation de l'initialisation de l'instrument pour que l'utilisateur – à l'allumage de l'instrument – puisse au plus vite entendre le son et ensuite le configurer pour l'adapter à ses besoins. Pour l'initialisation de l'instrument, l'utilisateur doit s'assurer que tous les paramètres sont bien définis dans le moteur sonore mais aussi que toutes les données sont envoyées du côté de l'interface gestuelle pour que l'instrument soit prêt à jouer.

Nous avons donc automatisé le chargement des échantillons sonores et des enveloppes sonores. Les volumes de chaque module ont été remis au niveau le plus bas (-70db) ; le nombre de voix (nombre de balles dans les espaces de jeu) a été mis à un ; nous avons choisi des valeurs initiales des paramètres qui permettent de reconnaître les échantillons sonores (densité = 1 ; taille du grain 300 ms ; transpositions = 1 ; enveloppe sonore) ; les options de mode de jeu sont éteintes au départ (*speed change* ; *pressure* ; *physics*)

Il est possible de réinitialiser l'instrument à tout moment en appuyant sur le bouton *Reset Values.* Tous les paramètres reviennent à leur état initial mais les échantillons et les enveloppes sonores déjà chargés en mémoire restent figés dans la base de sons et d'enveloppes du système.

---

[619] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/dJpgKnMJo24

[620] Assistant artistique / concepteur en informatique musicale / recherche au GMEM

6.5.3 *Interfaces miroir*

L'utilisation de deux interfaces indépendantes implique qu'elles doivent refléter les paramètres de la granulation de manière identique en permanence. Toutes les modifications d'objets dans une interface doivent provoquer des changements équivalents dans la seconde interface. Ces modifications doivent être visibles pour le musicien qui doit pouvoir les repérer en cas de reprise du jeu sur la seconde interface.

Pour obtenir un mode de fonctionnement des deux interfaces le plus proche possible, nous avons essayé d'employer des objets similaires pour les deux interfaces utilisateur. Il serait inutile et couteux d'obliger l'utilisateur à apprendre deux manières différentes de travailler avec le même instrument numérique. Cependant, pour plusieurs cas, nous avons choisi d'avoir une flexibilité plus grande dans l'interface utilisateur du moteur sonore. Ainsi, les deux interfaces sont un compromis entre les possibilités et les contraintes du logiciel adopté pour le moteur sonore et les possibilités et les contraintes de l'application de la surface multitactile. Nous pouvons, par exemple, insérer manuellement les valeurs des paramètres dans le moteur sonore sans que cette option soit intégrée dans l'interface gestuelle (elle n'existe même pas dans l'application).

Ainsi, lorsqu'on joue avec *Granulator*, des opérations d'actualisation réciproques sont réalisées pour utiliser l'instrument de façon transparente par les deux interfaces. Il est possible de passer de l'une à l'autre avec un système conservé selon les mêmes paramètres antérieurs. Pour cela, l'utilisateur a accès, par l'interface et pour chaque paramètre, à un gestionnaire dédié à la communication entre les interfaces et le moteur interne.

6.5.4 *Moteur du granulateur*

Le schéma du moteur sonore pour l'espace de jeu bleu du *Granulator* est représenté dans la Figure 51. Pour l'espace violet, la différence correspond au nombre de voix et la densité (toujours à 1) qui définit le taux de déclenchement des valeurs.

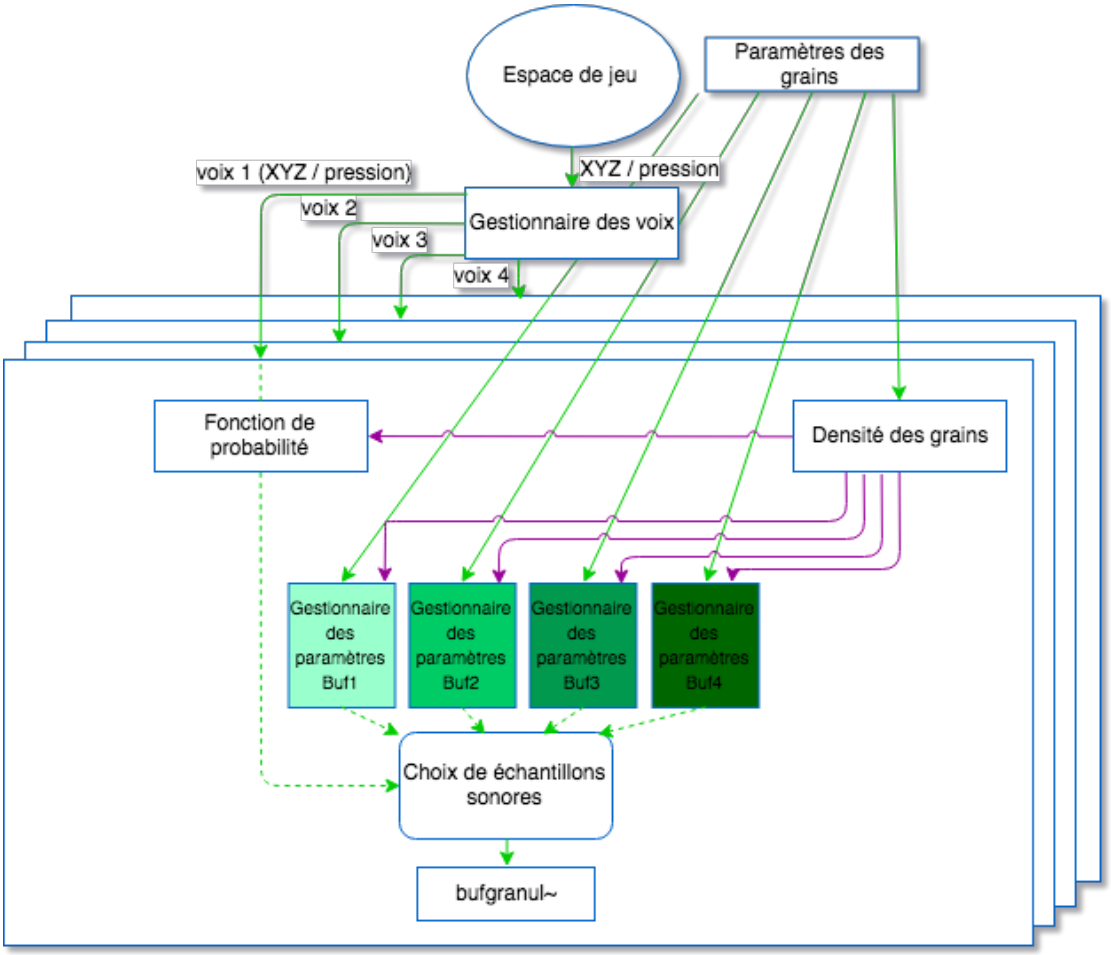


Figure 51 – Schéma du moteur sonore de *Granulator*.

Chaque balle ou voix de l'espace de jeu correspond à une instance du moteur (par l'objet *poly*~[621]), avec quatre voix maximum pour l'espace de jeu bleu et cinq pour le violet. Le moteur sonore reçoit de l'interface gestuelle les informations suivantes :

- le nombre de voix qui définit le nombre d'instances actives ;
- les coordonnés des balles (position XY) ;
- la valeur Z correspondant au temps de disparition de la balle lors du relâche du doigt de la surface tactile ;
- et la pression du doigt.

Le gestionnaire des voix a pour mission d'envoyer les coordonnées de chaque balle à l'instance adéquate et la gestion des instances du moteur. Les instances qui ne sont pas utilisées sont éteintes pour ne pas utiliser le processeur de l'ordinateur inutilement. Ainsi, si le musicien choisit deux voix, le son est activé seulement dans deux des

[621] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#poly~

instances. Si une voix est enlevée ou ajoutée, une instance du moteur est libérée ou allouée respectivement.

Chaque voix a la même configuration que nous pouvons voir à l'intérieur du rectangle central de la Figure 51. Nous réalisons ici un *mapping* implicite : la position XY de la balle n'a pas une correspondance directe aux paramètres du grain, mais à la probabilité d'un grain d'un des quatre mémoires tampon d'être choisi. Pour cela un calcul intermédiaire est réalisé – l'espace de jeu est projeté dans l'objet *nodes*[622] que nous pouvons voir dans la Figure 52. Dans cette figure, les cercles avec les chiffres correspondent aux mémoires tampon avec les échantillons sonores. Ces petits cercles sont le centre d'un grand cercle correspondant au point avec la probabilité égale à 1. Dans les extrémités du cercle, la probabilité est égale à 0. En pratique, cela veut dire que chaque échantillon est placé dans chaque coin de l'espace de jeu (car la probabilité de choisir un autre échantillon est égale à 0). Entre chaque deux cercles consécutifs, il y a la probabilité d'avoir un grain d'un des deux mémoires tampon selon la proximité au petit cercle. Dans les points équidistants aux deux chiffres, la probabilité sera égale. Dans le centre de l'espace de jeu, il y a une équiprobabilité pour les quatre échantillons sonores.

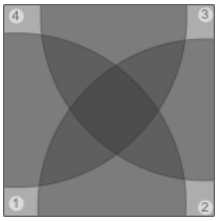


Figure 52 – Objet *nodes* avec pour la probabilité de choix des mémoires tampon

La fréquence de déclenchement des grains est donnée par la formule suivante. Elle dépend de la densité des grains et la taille des grains choisie par l'utilisateur.

$$fréquence = \frac{1000 * densité}{taille\ des\ grains}$$

En couleur violette dans la Figure 51, nous pouvons voir que ce déclenchement affecte la fonction de probabilité de choix d'un échantillon sonore et de ses paramètres adéquats. La fonction de probabilité est ensuite utilisée pour le choix des mémoires

[622] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#nodes

tampon et des enveloppes associées à chaque mémoire tampon.

Les paramètres des grains (ce sont les paramètres du *bufGranul~* listés dans la page 306, paragraphe 6.3.2) sont envoyés directement aux gestionnaires des paramètres[623] à l'intérieur du moteur sonore. Ceux-ci préparent les valeurs pour qu'elles soient prêtes à être envoyées au *bufGranul~* si l'échantillon correspondant a été choisi. Le cœur du moteur sonore de cet instrument numérique est réalisé autour des possibilités de l'objet *bufGranul~*.

6.5.5 Gestion des échantillons sonores

Nous avons construit un module pour la gestion des échantillons sonores que l'utilisateur pourra choisir pour la granulation. Cette gestion est réalisée avec l'objet *polybuffer~*[624] qui permet d'ouvrir et de stocker plusieurs échantillons sonores en mémoire pour ensuite permettre la réalisation d'opérations sur eux. L'objet *polybuffer~* donne à l'utilisateur la possibilité d'ouvrir un seul échantillon, d'ouvrir un dossier d'échantillons ou d'ajouter une mémoire tampon vide pour enregistrer du son. L'objet permet aussi de faire des requêtes sur les informations du contenu qu'il a chargé dans la mémoire telles que le nombre de fichiers chargés, le nom des fichiers en plusieurs formats, etc. C'est cette information qui nous permet de remplir les menus pour le choix des échantillons dans l'interface du moteur sonore et dans l'interface gestuelle. Avec cet objet, nous pouvons modifier en temps réel les échantillons à utiliser pour la granulation.

Il est important à noter que nous avons choisi de limiter le nombre d'échantillons sonores envoyés à l'interface gestuelle à quinze. Ce chiffre correspond au nombre d'items visibles et lisibles dans le menu déroulant de l'interface gestuelle[625].

Dans l'interface du moteur sonore, nous avons uniquement inclus la possibilité d'ouvrir

---

[623] Le gestionnaire des paramètres est composé par l'abstraction *tranche_ctrl* avec la gestion des envois/réceptions des valeurs entre les interfaces principales du moteur et l'interface gestuelle.

[624] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#polybuffer~

[625] Nous avons développé *Granulator* en 2013 dans la version 4.0 de l'éditeur, légèrement différent de la version actuelle. Dans les versions plus actuelles de l'application, la taille de la police peut être changée et nous pouvons mettre plus d'éléments dans le menu. Dans l'intégration à notre instrument numérique *RJ*, nous avons changé ce paramètre.

un dossier d'échantillons et d'ajouter un échantillon isolément. Quand un dossier est chargé en mémoire, les quatre premiers échantillons sont sélectionnés automatiquement dans les mémoires tampon pour la granulation et des actions peuvent être réalisées sur l'échantillon avec les fonctionnalités de l'objet *waveform~* de *Max/MSP*.

6.5.6 Gestion des enveloppes sonores

Le module pour la gestion des enveloppes sonores est identique à celui de gestion des échantillons à la différence que les enveloppes sonores sont attribuées à quatre mémoires tampon dans l'espace de jeu bleu et quatre autres pour l'espace de jeu violet. Ainsi, dans ce module, la gestion des enveloppes se fait deux fois pour qu'elle reste indépendante dans chaque espace de jeu.

Dans ce module, nous utilisons la fonctionnalité de l'objet *polybuffer~* permettant de créer une nouvelle mémoire tampon vide lors de la création des nouvelles enveloppes avec l'éditeur d'enveloppes que nous présenterons plus loin. Ce procédé est transparent pour l'utilisateur qui doit créer une nouvelle enveloppe en choisissant l'option *New enveloppe – Create*. Il devra ensuite sélectionner l'option *Add to list*. La liste des enveloppes sonores sera actualisée automatiquement avec un nom d'enveloppe généré automatiquement.

Concernant l'éditeur d'enveloppes, l'équipe du GMEM note :

> « It was interesting to take advantage of system abstraction synthesizer envelope (envelopes are defined as a table of values). Indeed, the shapes of envelopes directly influence the timbre of the sound and editing extends the sonic possibilities. We have developed a modular system to create envelopes. This is actually a « stack » of generative or transformative functions which combines themselves in different ways[626]. »

Ce générateur permet de créer plusieurs types d'enveloppes à partir de fonctions basiques auxquelles nous pouvons appliquer des opérations mathématiques séquentiellement. Les fonctions sont les suivantes :

Hanning : hanning window

---

[626] « GMU – Granular Synthesis Environment », *GMEM Marseille - CNCM*, http://gmem.org/recherche/gmu-granular-synthesis-environment/, consulté le 20 août 2018.

Hamming : hamming window

Blackman : blackman window

Gauss : gauss window

Sin, Cos : sine/cosine generator

Rand : noise generator

Expodecay : exponential decay

Bpf : breakpoint function

Constant : constant

Repeat : repeat effect (with or without acceleration)

Smooth : smooth effect

Pow : pow effect

Translate, rotate, flipY : affine transformations (*ibid*.)

Et les opérations que nous pouvons exécuter séquentiellement sont les suivantes :

Replace : replace data

Mult : multiply the result with previous data

Add : add the result with previous data (*ibid*.)

Par exemple, dans la Figure 53, la forme d'onde est créée à partir d'une fonction de points d'arrêt (*break point function*) par laquelle est multipliée une fonction cosinus avec une fréquence de cent-quatre-vingt-onze et après une fonction sinus de fréquence treize.

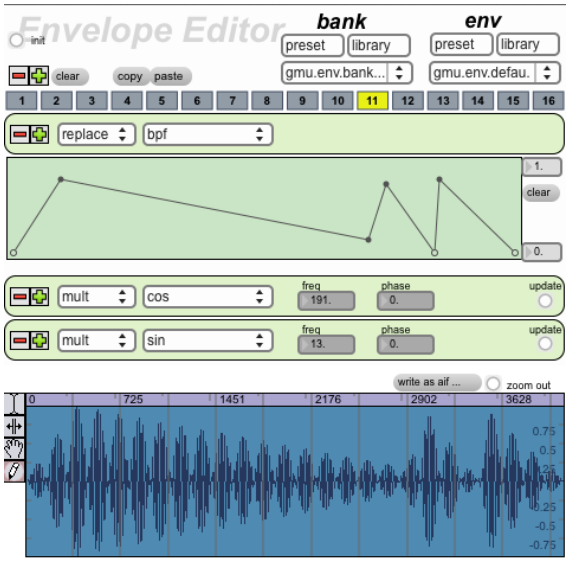


Figure 53 – Éditeur d'enveloppe pour *Granulator*

L'utilisateur peut ensuite enregistrer cette enveloppe dans un fichier dans la mémoire de l'ordinateur et finalement le charger dans le granulateur. Nous avons automatisé

cette dernière phase pour l'intégrer directement dans la liste des enveloppes à utiliser mais avec un nom préétabli.

6.5.7 Gestion des valeurs prédéfinies (presets)

Nous avons utilisé l'objet *pattrstorage*[627] de *Max/MSP* pour les opérations de gestion des valeurs. En effet ces opérations sont l'exploration des possibilités offertes par le *pattrstorage*. Cet objet permet de conserver des états des objets dans des moments spécifiques définis par l'utilisateur.

Le système de *presets* permet de revenir dans des états du système prédéfinis ou sauvegardés et de faire des interpolations entre états sauvegardés. Nous possibilitons l'enregistrement de seize états différents du système. L'utilisateur pourra, en temps réel, enregistrer des *presets* et/ou éliminer des *presets*. Il pourra faire l'interpolation, entre deux *presets* enregistrés, manuellement à l'aide d'un curseur ou automatiquement. Dans ce dernier cas, l'interpolation est réalisée dans un temps d'interpolations défini par l'utilisateur (dans un minimum de trente millisecondes et un maximum de cinq seconds).

La gestion des *presets* est très délicate car la performativité de l'instrument peut être réduite dans l'utilisation des interpolations entre *presets,* à cause d'un nombre de valeurs énorme qui doivent être changées.

6.6 Performativité de Granulator

En lien avec le paragraphe précédent sur la gestion des *presets*, nous devons rappeler que les interpolations entre *presets* dans notre système provoquent le changement de centaines des valeurs. On pourra noter que : chaque paramètre gère six valeurs ; chaque voix contient quatre paramètres ; chaque voix gère quatre mémoires tampon ; il existe quatre voix pour l'espace bleu et cinq voix pour l'espace violet. Pour faire des interpolations pour les paramètres des grains, il y a 384 valeurs à interpoler pour

[627] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#pattrstorage

l'espace bleu et 480 pour l'espace violet. Nous avons optimisé l'abstraction *tranche_ctrl* pour réduire à quatre les valeurs des paramètres réduisant ainsi à 256 et 320 le nombre de valeurs à modifier (soit moins de 288 valeurs pour chaque pas d'interpolation).

La question de la performativité de l'instrument est très importante pour que toutes les similitudes avec les instruments acoustiques soient accomplies. Notre instrument numérique a évolué tout au long d'un travail constant d'ajout de fonctionnalités et de vérification de la performativité de l'instrument. L'ajout de nouvelles fonctionnalités à l'instrument provoque une éventuelle augmentation de la charge de calcul du processeur et de l'échange de messages entre le moteur sonore et l'interface gestuelle. Le maintien de cette performativité nécessite des améliorations à l'instrument.

Un des grands soucis qui nous a guidé dans le développement de *Granulator* a été l'échange d'informations entre le moteur sonore et l'interface gestuelle. En effet, il est important que les informations qui déclenchent le son soient traitées prioritairement par rapport aux données d'actualisation des onglets de l'interface.

Au départ, toutes les données de l'interface étaient actualisées en temps réel ce qui provoquait un énorme flux dans le réseau constitué par le binôme moteur sonore – interface gestuelle. Cela était évident surtout dans le rappel des *presets* car toutes les variables du système devraient être actualisées. Comme nous l'avons expliqué précédemment, les interpolations provoquaient des centaines de messages par seconde et les données importantes (comme celle de la position de la balle dans l'objet *Multiball*) étaient reçues avec une certaine latence provoquant des failles de l'instrument. Nous avons donc fait le choix de ne pas enregistrer toutes les données dans le *pattrstorage*, le nombre de données étant trop grand, et nous avons même simplifié quelques objets pour rendre plus léger ce travail.

Nous avons créé un indicateur pour calculer le nombre de messages échangés entre le moteur sonore et l'interface gestuelle. Cela nous a permis de comprendre qu'à partir d'un pourcentage d'utilisation du processeur, les messages échangés entre les deux modules commençaient à avoir du retard tant dans l'envoi comme dans la réception.

Après ces trois mois de stage de recherche, nous avons intégré le *Granulator* dans notre système d'improvisation. Comme le *Granulator* a été conçu pour être utilisé de manière autonome pour son intégration, nous avons dû adapter l'architecture de RJ à celle du

granulateur. En effet, notre système d'improvisation contenait déjà un granulateur basique intégré dans le système d'entrées et sorties. Si l'intégration des sorties a été faite automatiquement, le système de gestion des échantillons sonores n'existait pas dans notre système et nous avons pris la décision d'intégrer le module de gestion des échantillons sonores du *Granulator* à notre système d'improvisation. Dans le paragraphe 7.5.1, nous exposerons l'intégration du *Granulator* dans l'instrument RJ.

Chapitre 7

Le processus de création d'un instrument numérique pour l'improvisation : *RJ*

Le développement de cet instrument numérique comme outil pour l'improvisation a débuté en 2010 avec notre arrivée dans le groupe d'improvisation *Unmapped*. La nécessité d'avoir un outil performatif pour adapter notre façon de faire la musique électroacoustique dans un contexte d'improvisation musicale nous a mené à créer l'instrument numérique que nous décrivons ici. La genèse de cet instrument vient de la transformation des certains modules de traitement électroacoustique que nous avons créés auparavant pour nos compositions de pièces mixtes. Dans le cas de ces pièces, l'évolution des paramètres des différents modules était écrite et figée dans le temps sans aucun type de manipulation en direct pendant le déroulement de la pièce : les valeurs paramétriques étaient déterminées avant la performance et envoyées par des messages aux modules. Dans le cas de l'improvisation, les paramètres doivent être modifiables en temps réel pour que celles-ci soient adaptables aux différentes situations musicales qui peuvent se présenter dans la performance.

Dans la construction de cet instrument, notre objectif était non seulement de créer un instrument pour l'improvisation musicale, mais qu'il puisse être utilisé dans d'autres facettes de notre activité artistique comme la composition musicale, le design sonore, etc. Par conséquent, au cours des années, le travail de lutherie numérique a été mené pour répondre aux différentes situations et contextes musicaux. Des besoins spécifiques se sont ajoutés au fur et à mesure que ces situations se sont présentées toujours avec le souci que ces ajouts soient intéressants pour ces différentes facettes de la création musicale. D'une part – coté improvisation – dans des situations comme dans *Electrologues*, l'instrument est utilisé conjointement avec l'instrument du duo avec la possibilité de faire toutes sortes de traitements et réutilisations du son de l'instrument accouplé, pendant que l'utilisation de l'instrument dans des situations telles que celle de l'ensemble *Grand8*, notre instrument est toujours indépendant et aucun échange de signal sonore n'est réalisé avec d'autres instrumentistes à l'intérieur du système.

D'autre part – côté composition –, les paramètres sont toujours accessibles pour sa configuration manuelle dans le but de pouvoir « revenir en arrière dans le temps » et ajuster les valeurs. S'agissant du même instrument, il faudra que l'instrument soit flexible pour s'adapter aux différentes situations, avec toujours le souci que l'instrument soit d'utilisation facile et de configuration adaptable à ces différents usages.

7.1 Étapes de développement

Ces étapes ne faisaient pas partie d'un plan d'implémentation de l'instrument. D'ailleurs, il est important de rappeler que notre instrument a commencé son développement bien avant le début de notre travail de recherche en doctorat et même, avant d'avoir pensé à faire de la recherche autour de l'improvisation. Le développement de l'instrument a été un processus itératif qui intègre la nécessité d'adaptation de l'instrument aux enjeux de l'improvisation, le développement technologique, la connaissance et développement personnel de l'improvisateur face à ces deux premiers facteurs et tous les autres de l'évolution naturelle du musicien (expérience, âge, etc.). Nous avons augmenté les possibilités de l'instrument au fur et à mesure, selon des circonstances musicales auxquelles nous avons dues nous adapter.

Ce processus itératif est constant et, à chaque répétition, ou concert, de nouveaux ajouts et optimisations ont été réalisés. Il sera donc impossible de décrire chaque modification que nous avons effectuée sur l'instrument, mais il est important d'énumérer et de décrire des étapes clés qui, selon nous, ont effectivement permis un changement dans la façon d'appréhender l'instrument numérique.

Contrairement au système *Elle* de Bianchi Hoesch (voir paragraphe 5.1.1), pour notre instrument *RJ*, nous n'avons pas nommé chacune des versions, car notre travail de lutherie a été continu et constant. Nos repères des versions de l'instrument se font par les sauvegardes de l'instrument[628]. Nous avons pensé cet instrument numérique comme

[628] Nous avons l'habitude de garder des versions dans la boîte mail chaque veille de concert au cas où des problèmes surgissent durant le voyage, le transport de matériel, etc. Nous avons donc pu conserver de cette manière une petite trace de l'évolution de l'instrument.

une approche personnelle de la façon de créer de la musique électroacoustique improvisée, et c'était plutôt la nécessité de faire évoluer notre son qui nous a incités à retravailler l'instrument. L'évolution de notre façon de créer la musique est ainsi parallèle au développement de cet instrument, et l'ajout des modules audio ou des fonctionnalités vient à la rencontre de nouvelles envies de notre part de génération ou manipulation sonore.

Bien que nous n'ayons pas construit l'instrument par version, il est possible d'identifier des étapes qui ont changé le parcours de développement de *RJ* :

- La première étape a sans doute consisté à transformer des modules audio construits pour une approche d'écriture compositionnelle vers une approche tournée vers l'improvisation. Cela consistait à rendre les paramètres accessibles et modifiables et de rendre possible la consultation de l'état des paramètres à tout moment.
- Une deuxième étape a été l'intégration des interfaces gestuelles. Le choix des paramètres contrôlables et modifiables par le contrôleur (avec les deux premiers contrôleurs MIDI) définit et pose des contraintes au niveau sonore, car nous privilégions certains paramètres en dépit d'autres.
- Le passage à la surface multitactile – le stage au GMEM – nous a permis d'inclure dans l'interface gestuelle l'accès à tous les paramètres, mais aussi de penser l'interface non seulement comme moyen de modifier les valeurs des paramètres, mais aussi d'aboutir à une expressivité liée à l'incorporation de modes de jeu.
- L'intégration des recommandations des échantillons par un vecteur de proximité des caractéristiques et l'utilisation des descripteurs audio comme contrôleur des paramètres.

L'enrichissement des modules audio et l'optimisation de l'instrument ont été réalisés d'une manière continue et au fur et à mesure de nos besoins techniques et de notre temps pour le développement de ces modules. Nous trouvons qu'il n'est pas pertinent de définir cela comme une étape de développement, mais plutôt comme un travail itératif nécessaire et naturel de l'instrument.

7.2 La performance avec les ordinateurs

Au départ, notre dispositif d'improvisation était composé d'un ordinateur portable, d'une souris et d'une carte son connectée ensuite au système de diffusion : le modèle classique de la *laptop performance.* Nous avons choisi de développer notre instrument

avec le logiciel *Max/MSP*[629], un logiciel enseigné dans les différentes universités dans lesquelles nous avons suivi les cursus de musique électroacoustique. Ce logiciel nous donne la possibilité de créer différents types d'interaction entre les personnes et les machines avec des objets prédéfinis pour la communication avec les différents périphériques disponibles.

Comme nous avons vu dans le paragraphe 4.4, la performance réalisée avec l'ordinateur de cette manière a des inconvénients. Pour que l'instrument ait vraiment un sens, nous avons rapidement compris qu'il fallait ajouter une interface gestuelle à notre système. L'ordinateur (avec le clavier, la souris ou les *trackpads*) ne donnait pas les outils d'interactivité nécessaires pour être vraiment performatifs. D'une part, le geste avec ces outils ne permet pas de donner à la manipulation sonore la musicalité dont l'instrument musical a besoin, car il n'est pas possible de faire des variations des valeurs paramétriques de manière organique. D'autre part, le temps nécessaire pour faire les changements avec ces outils était trop grand pour répondre aux stimuli et à l'instant de la musique improvisée. Pour rendre possible l'improvisation avec ces outils, nous avons donné à l'instrument la malléabilité possible et nécessaire : parallèlement à l'utilisation de la souris, nous avons construit tout un système de raccourcis clavier. Cela permet une petite performativité des actions musicales. L'interaction consistait donc à utiliser le clavier en introduisant des valeurs manuellement, ou avec la souris en glissant les valeurs des paramètres. Nous avions attribué des lettres du clavier pour allumer et éteindre chaque module audio (qui d'ailleurs est toujours fonctionnel), mais cela ne donne aucune flexibilité dans le contrôle en temps réel des paramètres musicaux.

Encore que ce moyen d'interaction ne soit pas idéal pour la pratique instrumentale, il est utile d'avoir ces raccourcis assignés dans le moteur sonore de l'instrument pour en faciliter l'accès. En effet, dans la configuration et le développement de l'instrument, ces raccourcis clavier permettent d'accéder aux modules audio et d'utiliser rapidement l'instrument sans avoir besoin de configurer l'interface gestuelle ou de devoir entrer à

[629] Le musicien a un choix grand de logiciels pour la création de son instrument. Selon ses connaissances de programmation il peut choisir des logiciels avec plus ou moins nécessité de programmer son instrument. Logiciels tels que *Usine* (http://www.sensomusic.org/) ont une programmation de plus haut niveau et le musicien peut rapidement construire de modules pour le traitement ou génération de son. D'autres logiciels tels que *SuperCollider* (https://supercollider.github.io/), nécessitent un apprentissage ou la connaissance de la programmation pour produire un instrument de musique.

l'intérieur du « code » du logiciel.

Nous avons élaboré les stratégies pour que le temps de réaction avec notre instrument dans la musique mixte improvisée soit comparable au temps de réaction avec les instruments acoustiques (voir paragraphe 5.2.3) et, pour preuve de ce constat, lors de concerts, l'utilisation des périphériques classiques de l'ordinateur ne soutient pas du tout la performance. Dans le paragraphe 4.5 nous avons parlé des stratégies de construction des interfaces gestuelles et de *mapping* pour « humaniser » les paramètres sonores. Nous verrons ensuite comment nous avons construit une autre gestualité avec les contrôleurs.

Au cours du prochain paragraphe nous allons analyser le choix des interfaces gestuelles utilisées pour notre instrument *RJ* et comment celles-ci ont été configurées pour s'adapter au mieux à notre manière de contrôler les paramètres musicaux.

7.3 L'intégration des interfaces gestuelles dans Rj

La première interface que nous avons intégrée à notre système a été le contrôleur MIDI *Evolution UC33*. (Figure 96, page 487 des Annexes) Ce contrôleur nous a été prêté par un collègue d'*Unmapped* et il a été la première interface gestuelle (externe) pour interagir avec le moteur sonore. Nous l'avons utilisé pour la première fois lors d'un concert à la Résidence André de Gouveia le 9 avril 2011 à Paris. Le contrôleur est constitué de huit *curseurs* et, dans la continuité de ce curseur, trois potentiomètres rotatifs intégrés. Cette configuration est importante, car elle a marqué la définition du nombre de modules de traitement audio et aussi l'interface visuelle du moteur visuel. Nous avons donc limité les modules audio à huit pour pouvoir les manipuler avec le contrôleur, et cette configuration est restée fixe durant plusieurs années. Vu la configuration du contrôleur, pour chaque module audio, trois paramètres étaient manipulables via les potentiomètres du contrôleur. Le curseur était dédié à l'amplitude de sortie du

Par la suite, ces paramètres ont été migrés vers un deuxième contrôleur que nous avons acquis : la *BCR2000* de la marque *Behringer* (Figure 101, page 489 des Annexes). La flexibilité dans la manipulation des paramètres que les potentiomètres du précèdent contrôleur permettait, nous a mené à chercher un contrôleur avec les mêmes

caractéristiques. Nous n'avons pas pensé à acheter l'*Evolution UC33* à cause de la faible robustesse des composants que deux de nos collègues ont confirmé. Ce nouveau contrôleur fait toujours partie de notre dispositif d'improvisation, mais comme interface auxiliaire de l'interface gestuelle principale, de manière à avoir accès à plusieurs modules en même temps, mais aussi pour le cas où l'interface actuelle ne fonctionne pas.

Le contrôleur *Behringer BCR2000* est composé d'une première ligne de huit potentiomètres rotatifs, avec la possibilité de servir de bouton d'allumage. Les deux lignes au-dessous sont composées de boutons d'allumage. Nous avons attribué à la première ligne les amplitudes sonores de chaque module audio, et la première ligne des boutons a été assignée à l'allumage et l'extinction de chaque module. Le *mapping* des trois lignes de potentiomètres qui se trouvent au-dessous ont été migré du contrôleur utilisé avant. À noter que dans ce contrôleur nous avons perdu le curseur qui contrôlait le volume « Master », et ainsi nous avons décalé le contrôle du volume master dans le dernier des huit « potards ». Il y a eu des différences dans la performance entre les deux contrôleurs : le changement des curseurs aux potentiomètres rotatifs (pour les amplitudes des modules) induit l'impossibilité de manipuler l'amplitude sonore de plusieurs modules en même temps avec précision – il est possible d'avoir un doigt sur chaque curseur, mais il faut pousser et dans un même temps utiliser un autre doigt pour manipuler les potentiomètres, exerçant ainsi un contrôle maximal des deux.

Une caractéristique très importante dans le choix de ce contrôleur est que l'échange d'information MIDI est bidirectionnel : le moteur sonore peut aussi envoyer des informations au contrôleur. Cela permet de maintenir un état correct du système s'il faut faire des modifications directement dans le moteur sonore. Pour ainsi dire, quand nous opérons des changements à l'instrument par le biais des périphériques de l'ordinateur, les valeurs figureront dans le contrôleur MIDI. Si l'on reprend la *BCR2000*, elle sera dans l'état dans laquelle nous l'avons amené. Cela évite des sauts de valeur dans les paramètres. Pensons par exemple à l'amplitude sonore : si dans l'interface gestuelle (*BCR2000*) nous avons augmenté le son d'un module et, après, à partir de l'interface du moteur sonore nous l'avons baissé, sans une actualisation de l'état de l'interface gestuelle, il y aurait une augmentation soudaine de l'amplitude sonore de ce module.

Nous allons voir comment ces problèmes ont été résolus avec l'utilisation de la surface multitactile.

7.3.1 Surface multitactile

Le passage de notre instrument à une surface multitactile a été réalisé après une période de recherche et de développement au cours d'un stage de recherche au sein du GMEM. Comme expliqué dans le paragraphe 6.1, l'objectif principal de ce stage au GMEM a été la création d'une interface gestuelle numérique sur une surface multitactile. Le but était de pouvoir maximiser les potentialités de la synthèse granulaire à travers un travail de lutherie numérique sur cette surface.

À la suite de ce stage, nous avons adapté la surface multitactile comme interface gestuelle de notre instrument numérique. Nous avons pu tester intensivement les capacités expressives de l'*iPad* dans les trois mois de stage consacrés à l'exploration de la surface et ainsi conclure que cette interface servait pleinement à nos besoins.

Si le passage du contrôleur MIDI *Evolution UC33* à la *BCR2000* a été presque automatique par transmutation similaire – seules les valeurs des canaux MIDI ont été changées – dans le cas du passage à la surface multitactile, il a été nécessaire de faire de plus grandes modifications.

La première grande différence a été le changement de protocole : nous avons choisi d'utiliser le protocole *OSC*[630] pour faire le lien instrumental dans l'échange de messages avec le moteur sonore. Cela a impliqué de redéfinir tous les messages des modules. Ce protocole est plus approprié pour la définition des valeurs, car ceux-ci ont le format des nombres réels au lieu des valeurs de 0-127 présentes dans la norme MIDI. Aussi, avec cette surface et l'application *Liine Lemur*, l'interface n'est pas limitée par le nombre de contrôles établis par le constructeur, mais il est ajustable aux besoins de l'instrument et configurable à la surface. Il appartient au « luthier » de définir les besoins de son interface. Nous pouvons avoir un seul objet comme un potentiomètre ou un *pad* dans

[630] « Open Sound Control (OSC) is a protocol for communication among computers, sound synthesizers, and other multimedia devices that is optimized for modern networking technology. Bringing the benefits of modern networking technology to the world of electronic musical instruments, OSC's advantages include interoperability, accuracy, flexibility, and enhanced organization and documentation. » *in* « OSC », *OpenSoundControl*, http://opensoundcontrol.org/, consulté le 1 septembre 2019.

l'écran de la tablette pour déclencher une action, ou en avoir deux cents pour deux cents actions possibles. D'ailleurs étant donné que les objets de cette application sont des émulations des objets physiques, si nous le souhaitons, il nous permet de maintenir le travail développé avec les autres interfaces physiques (*BCR 2000* et *UC33*) en créant un design similaire[631].

La surface multitactile est un espace multidimensionnel où le mouvement du doigt de l'utilisateur peut manipuler trois dimensions : la position horizontale, la position verticale et la pression. Ces trois dimensions sont indissociables lors que l'utilisateur glisse son doigt sur la surface. L'utilisateur ne peut pas les manipuler indépendamment. À cette caractéristique Jacob et al[632] nomment d'intégralité des dimensions contrairement à celles qui peuvent être contrôlés séparément. Nous allons voir que l'objet *Multiball* que nous utilisons dans notre instrument donne des outils pour séparer ces dimensions (paragraphe 7.5.6). Avec ces dimensions, il est possible donc de réaliser plusieurs types de *mapping* du geste du musicien. Les différentes stratégies évoquées dans le paragraphe 4.5.4.3 peuvent être appliquées à la surface multitactile. Celles que nous avons utilisées dans notre instrument seront expliquées en détail à l'intérieur de chaque paragraphe dédié à chaque module audio. Remarquons que la possibilité de programmer l'interface gestuelle directement dans l'application, permet de créer des liens instrumentaux directement dans l'interface. Ainsi, le module de *mapping* dans notre instrument n'est pas exactement comme présenté dans la Figure 7, mais dans certains cas il peut être placé avant comme illustré dans la Figure 54.

---

[631] Dans le forum *Liine Lemur*, nous trouvons des émulations de certains logiciels adaptés au design de ce contrôleur avec les possibilités multitactiles. Voir : « Liine Forum », *Liine Lemur*, https://forum.liine.net/, consulté le 1 septembre 2019.

[632] Robert J. K. JACOB, Linda E. SIBERT, Daniel C. MCFARLANE et M. Preston MULLEN Jr., « Integrality and Separability of Input Devices », *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, mars 1994, vol. 1, nº 1, pp. 3–26.

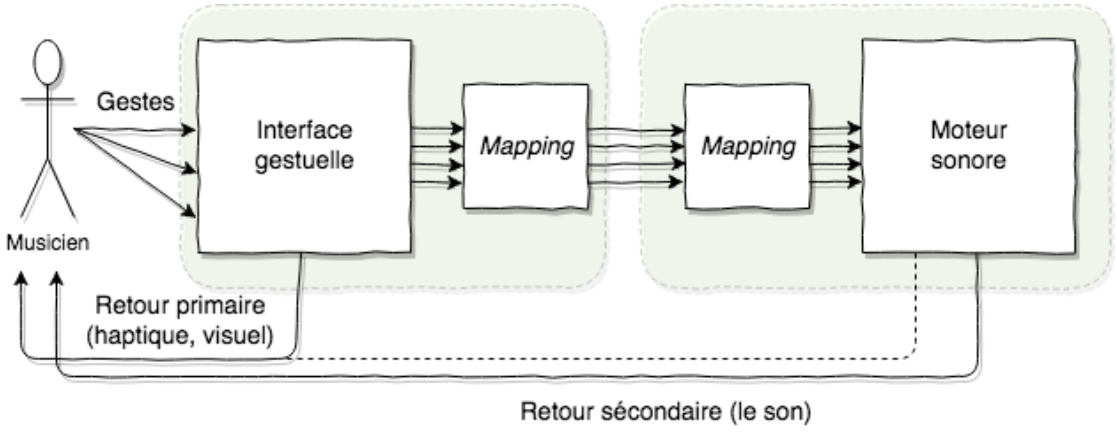


Figure 54 – Structure de notre instrument musical numérique

7.4 L'interface du moteur sonore

La Figure 55 nous montre l'interface du moteur sonore de notre instrument numérique. Dans cette interface, l'utilisateur devra pouvoir avoir accès à tous les paramètres qui auront pour but de lui préparer à jouer. Aussi, elle devra montrer clairement à l'utilisateur les informations importantes pour qu'il puisse être conscient de tout ce que se passe à chaque moment et pouvoir agir à chaque changement dans le système.[633] Cette interface est ainsi importante pour donner un retour visuel de l'état de l'instrument à tout moment. Dans la Figure 54, nous avons ajouté ce retour visuel depuis le moteur sonore.

Les différentes fonctionnalités de l'interface sont regroupées dans des panneaux avec un titre qui indique le groupe des paramètres. Par exemple, dans le panneau *Input sound* – la gestion du son entrant, nous avons les contrôles pour inclure ce signal audio dans le son de sortie (*direct sound*), l'activation du filtre et du compresseur avec la possibilité d'ouvrir les modules pour leur configuration. L'interface doit être claire et les paramètres facilement repérables, mais en même temps, elle devra être facile à comprendre et à trouver les paramètres. Pour ces raisons, nous avons choisi d'uniformiser les couleurs (similaires à l'interface gestuelle) pour que l'attention de l'utilisateur soit uniforme sur l'ensemble de l'interface et dans un même temps nous

[633] Ces règles deviennent fondamentales dans des situations tels que dans l'improvisation à plusieurs instruments numériques où leurs différentes strates sonores se mêlent dans les sorties audio du système de diffusion et souvent la compréhension de l'audio est confirmé par les valeurs des paramètres visibles dans l'interface utilisateur.

avons inséré parmi les informations paramétriques, que celles fondamentales pour la compréhension de l'état de l'instrument. Des informations (raccourcis clavier, boutons directs) sont disponibles pour ouvrir les abstractions et les différents modules audio.

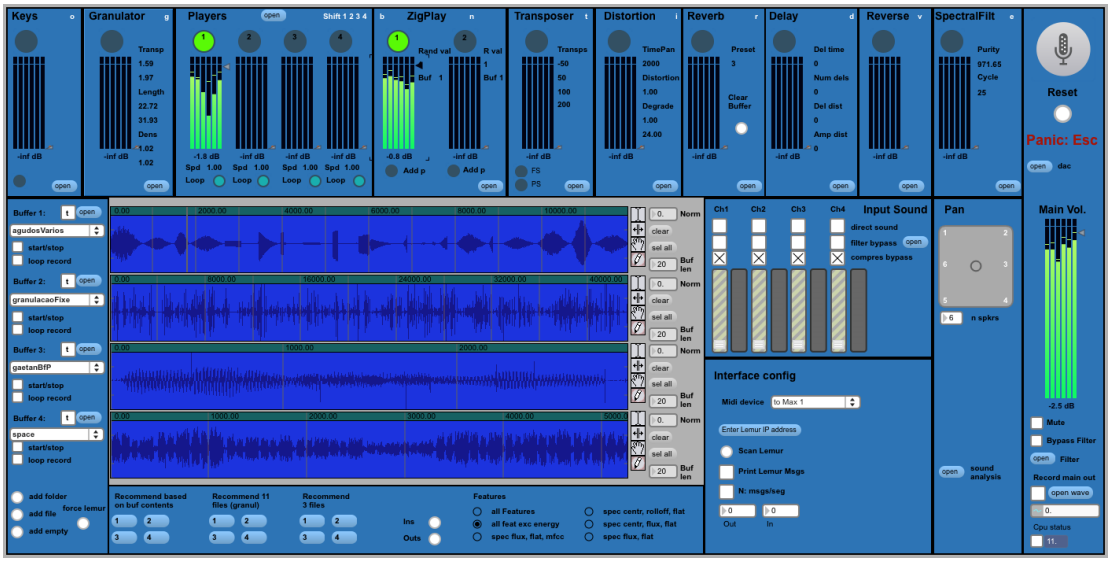


Figure 55 – Interface principale de *RJ*

7.4.1.1 Modules audio

Dans la première strate, nous voyons les différents modules audio de notre instrument. Ils sont disposés selon leur fonction au sein du système : production sonore – *Granulator, Players, ZigPlay, Keys* ; effets – *Reverb, Transposer, Distorsion, Delay, Reverse, SpectralGate*. Le musicien peut contrôler l'amplitude sonore du module avec l'objet *live.gain~*[634] qui nous permet aussi de voir l'amplitude de chaque canal. Nous avons établi un maximum de six canaux pour ces objets. Toutes les autres informations présentes servent à montrer l'état de chaque module : une *LED* est présente pour indiquer si le module est allumé ou éteint, et les autres informations (les plus importantes) correspondent aux paramètres de chaque module. Pour exemple dans le panneau de la distorsion, nous pouvons voir les données concernant le temps maximum de la spatialisation, la valeur de la distorsion et les deux paramètres pour la réduction du taux d'échantillonnage et taille du mot. Pour chaque panneau des modules audio, une lettre minuscule blanche indique les raccourcis clavier pour allumer l'audio du

[634] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#live.gain~

module. Il s'agit de l'héritage des premières versions de *RJ* où, en manque d'interface gestuelle, les raccourcis clavier exécutaient l'interaction personne-machine. Toutefois, il est toujours beaucoup utilisé dans les phases de développement et important dans des cas où les interfaces gestuelles ne sont pas présentes. Avec la touche *shift* (ou la touche « majuscule »), nous ouvrons/fermons l'abstraction du module audio correspondant.

7.4.1.2 Gestion des échantillons sonores

Dans le carré à gauche, nous avons les fonctionnalités pour la gestion de la base de sons :

- *Add folder* (ajouter un dossier) : permet de charger un dossier d'échantillons sonores dans la base de sons ;
- *Add file* (ajouter un fichier) : permet de charger un seul fichier audio ;
- *Add empty* (ajouter tampon vide) : ajoute une mémoire tampon vide pour pouvoir enregistrer un signal audio provenant d'autres modules ou des entrées audio
- *Force Lemur* : envoie à nouveau la liste des échantillons à l'interface gestuelle au cas où il n'a pas été bien chargé.

En haut de ces options, nous avons des menus pour choisir les échantillons qui seront utilisés dans les modules audio *Players, Granulator et ZigPlay* et les options d'enregistrement audio dans la mémoire tampon correspondant. En fait, ceux-ci peuvent être utilisés pour choisir des sons chargés en mémoire, des sons précédemment enregistrés – les mémoires tampon ajoutés restent en mémoire pour utilisation ultérieure, ou pour enregistrer en temps réel à partir de différentes sources sonores (par des entrées externes ou en recâblant à partir d'autres « effets »). Les quatre menus contiennent la liste de tous les échantillons sonores chargés en mémoire et le musicien peut changer en temps réel un autre échantillon sans que le système fasse un accès au disque dur interne. Quand l'utilisateur change d'échantillon, celui-ci est envoyé dans une mémoire tampon temporaire, pour la manipulation en temps réel par d'autres modules.

Au centre de l'interface, l'objet *waveform~*[635] nous montre le contenu des quatre échantillons choisis. Cet objet fourni aussi des méthodes pour l'édition et la sélection du contenu de la mémoire tampon. Cette section de notre instrument est très importante, car celle-ci en fait partie dès sa genèse, et plusieurs modules dépendent des données envoyées par cet objet. Pour l'édition des contenus, nous avons inclus simplement sa normalisation et l'écriture directe dans l'objet.

7.4.1.3 Recommandation automatique d'échantillons sonores

Dans le panneau de l'interface le plus bas, nous avons placé des boutons pour la recommandation des échantillons. La recommandation des échantillons et son intégration dans cette interface seront détaillées dans le Chapitre 8.

7.4.1.4 Gestion des entrées

À droite des *waveform~*, nous avons les contrôles des entrées externes. Le volume des entrées *a priori* se contrôlera via la carte son du dispositif d'improvisation, mais il pourra être important d'avoir un contrôle visuel également, car dans l'improvisation, l'ambitus de l'amplitude du signal peut varier beaucoup d'un moment à l'autre. Pour chaque entrée, nous avons ajouté un petit filtre configurable et un compresseur. Le premier est basé sur l'objet *biquad~* pour pouvoir éliminer des éventuelles fréquences gênantes et le deuxième est basé dans l'objet *omx.comp~*[636] pour éviter des sauts inopportuns de l'amplitude sonore des instruments qui puissent saturer le signal d'entrée.

7.4.1.5 Configuration des interfaces gestuelles, spatialisation manuelle

Dans le carré nommé *Interface config*, nous avons placé les fonctionnalités pour configurer et initialiser les interfaces gestuelles. Quand le contrôleur MIDI est connecté,

---

[635] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#waveform~

[636] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#omx.comp~

il apparaîtra dans la liste, et l'utilisateur devra choisir l'entrée correcte. Tous les objets dédiés à la communication avec le contrôleur MIDI sont automatiquement configurés : le choix du contrôleur déclenche l'envoi d'un message à tous les objets en communication avec le contrôleur. Pour le contrôleur *Lemur*, nous activons ici un objet dédié pour vérifier l'existence de cette connexion et l'attribution d'une adresse IP pour la communication *WiFi* : *LemurLoader* créé par l'équipe de *JazzMutant*. Nous avons inclus dans cette partie deux indicateurs pour l'affichage des messages échangés entre le moteur et l'interface gestuelle.

Un panneau pour la spatialisation a été à droite de celui de la configuration des interfaces gestuelles. L'utilisateur peut définir le nombre de points de diffusion (0-6) et faire la spatialisation manuellement à partir de l'objet dédié. Nous verrons plus tard le fonctionnement de la spatialisation dans *RJ.*

7.4.1.6 Gestion des sorties, DAC

Finalement, le panneau sur la droite est constitué du contrôle du volume final de sortie, et des configurations pour la sortie de l'audio : les données du DAC, un *mute*, et le *bypass filter* pour ne pas utiliser le filtre général. Nous avons inclus ici aussi la possibilité d'enregistrer le résultat sonore finale dans la mémoire de l'ordinateur et un indicateur de la consommation du processeur.

7.4.2 Le routage du signal entre les modules

Tous les modules audio sont interconnectés entre eux, et également connectés avec les entrées et/ou les sorties de l'instrument numérique.

Nous avons utilisé l'objet *matrix~*[637] de *Max/MSP* pour permettre ce système de routage du signal audio entre les modules. Ceci a été inspiré du travail de Tom Mays et son système *TapeMovie*.[638] Dans celui-ci, il crée dynamiquement une matrice pour connecter toutes les entrées et sorties des modules audio de son système.

---

[637] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#matrix~

[638] Tom MAYS, « TapeMovie », http://www.tapemovie.org/, consulté le 6 mars 2017.

Dans notre système, nous avons un ensemble plus petit de modules audio. Un système dynamique de génération n'était pas nécessaire pour nos simples besoins et compliquerait par ailleurs la simplicité que nous ne cherchons.

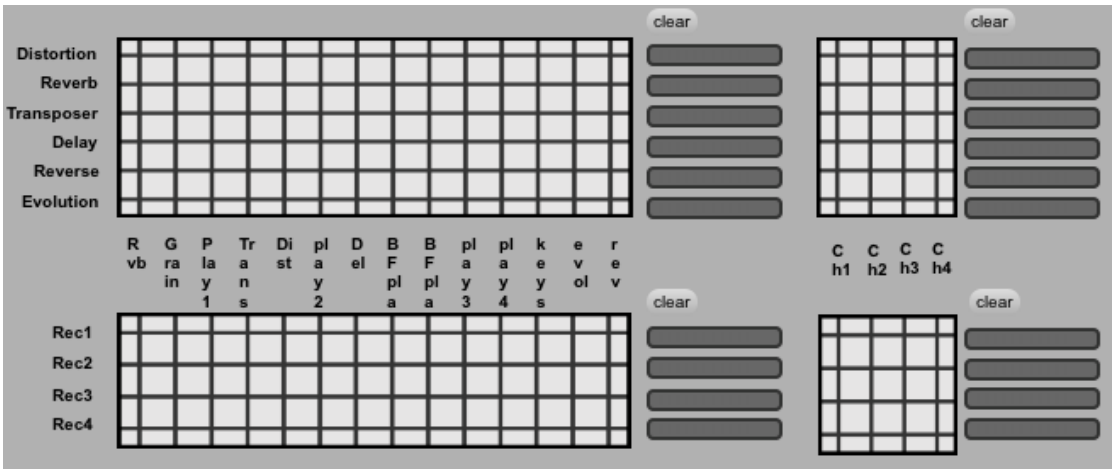


Figure 56 – Version de la matrice de routage

Dans la Figure 56, nous pouvons voir comment nous avons organisé la matrice. Dans la matrice supérieure gauche, nous voyons le routage entre les modules audio. À droite de celle-ci, les quatre entrées sonores de l'instrument sont disposées vers les modules audio d'effets. Dans la deuxième ligne de matrice à gauche, nous pouvons voir le routage des modules audio vers les mémoires tampon pour l'enregistrement du signal et finalement à sa droite, les entrées sonores vers les mémoires tampon.

Une deuxième version de cette matrice a été construite avec la possibilité de régler le pourcentage de son qui sera transféré, de la même façon que Tom Mays le réalise dans la matrice de son dispositif. Ce système de routage, en réalité, est une projection de la matrice que nous avions construite auparavant, pour maintenir le même aspect et l'habitude d'utilisation acquise avec des années d'utilisation. On pourra penser qu'il s'agit de plusieurs strates d'une matrice d'une ligne pour chaque effet. Dans le cas de ce système de routage dont nous pouvons voir l'aspect dans la Figure 57, deux actions doivent être entreprises pour procéder à la transmission du signal : l'activation de la connexion (tel qu'elle se faisait avec l'autre matrice) et le réglage par le potentiomètre de l'amplitude à transférer au module audio connecté. Nous nous sommes inspirés dans la première ligne de potentiomètres rotatifs du contrôleur *BCR2000* qui ont la possibilité de s'éteindre et de s'allumer et la rotation des curseurs avec des valeurs de 0 à 127.

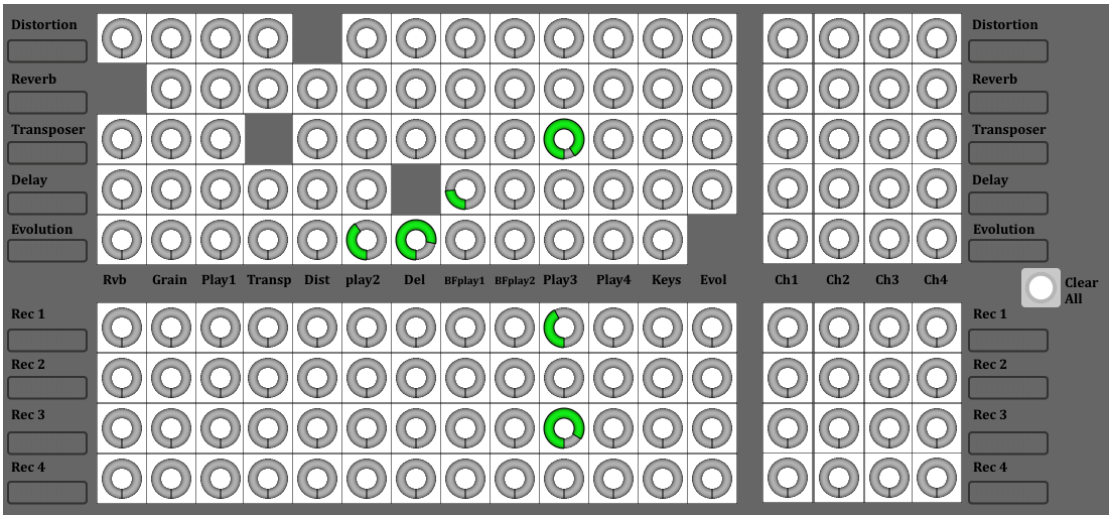


Figure 57 – Matrix avec possibilité de contrôler le niveau d'entrée/sortie

Nous avons choisi de poursuivre cette voie et ainsi mimétiser cette matrice dans l'interface gestuelle. Or, dans l'application nous n'avons pas d'objet similaire et la solution a été de créer un objet pour obtenir le même résultat.

Pour contrôler les potentiomètres en direct, il est nécessaire de prendre du temps pour ces réglages. Nous avons surtout utilisé cette matrice pour les réglages de son (pour éviter l'envoi des signaux saturés par exemple). Pour des configurations plus complexes, le processus est fait progressivement, car le temps pour le réaliser peut être relativement long.

7.4.3 La question de la spatialisation

La spatialisation sonore est pour nous un paramètre important : le son devient vivant avec le mouvement que nous lui pouvons attribuer. Cependant, malgré l'importance à consacrer à ce paramètre, nous avons considéré que le contrôle manuel et en temps réel de la spatialisation de chaque module serait une surcharge de travail. C'est pourquoi nous avons créé des modules qui permettent d'automatiser la spatialisation où l'utilisateur peut intervenir à sa guise, ou décider de laisser fonctionner la spatialisation avec les valeurs par défaut.

7.4.3.1 Système général

Nous avons donc implémenté un module de spatialisation dans lequel les chemins créés

sont faits automatiques et aléatoires. L'utilisateur peut choisir le nombre de sorties du son (nombre de haut-parleurs du système) et tous les modules audio s'adaptent à ce choix. Nous donnons la possibilité d'avoir un maximum de six sorties, pour une question d'espace dans l'interface (l'objet *live.meter~*, même si les modules audio sont préparés pour un maximum de huit canaux.

Nous avons fait le choix d'utiliser les objets développés par le CICM pour la spatialisation du son : *ambipan~*[639]. Il s'agit d'« un objet externe (*external*) d'une grande flexibilité permettant de positionner virtuellement une source sonore dans l'espace multiphonique à l'aide d'algorithmes du modèle Ambisonique. Cet objet permet un changement dynamique du nombre de haut-parleurs ainsi que leur position. Il est également possible d'utiliser des coordonnées cartésiennes ou polaires, et de contrôler la position de la source à l'aide de données de contrôle ou de signal[640]. »

Dans notre instrument, les coordonnées cartésiennes, que nous avons choisies d'utiliser, sont générées aléatoirement des valeurs de -1 à 1, correspondant à la position XY de la destination du son. La deuxième donnée générée est le temps de cette trajectoire qui est aussi généré aléatoirement. Le fonctionnement est le suivant : quand un module audio s'allume, les deux premières valeurs sont déclenchées et à la fin de chaque trajectoire, une nouvelle destination pour le son et le temps pour y arriver sont générés. Un nouveau parcours est ainsi créé. La procédure est générée successivement jusqu'à ce que l'utilisateur éteigne le module audio.

Il y a des exceptions dans l'utilisation de la spatialisation. Les modules suivants ont des systèmes propres que nous nous proposons d'exposer.

7.4.3.2 Granulation

L'objet utilisé dans le module de granulation a sa propre méthode de spatialisation aléatoire. Cette méthode est la même pour les autres paramètres de la granulation

---

[639] J. COLAFRANCESCO, « L'ambisonie d'ordre supérieur et son appropriation par les musiciens, présentation de la bibliothèque Hoa.lib », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Mons*, 2012.

[640] « Ambipan~ », *CICM - Centre de recherche Informatique et Création Musicale*, http://cicm.mshparisnord.org/index.html, consulté le 2 mars 2017. L'objet a été créé par Benoît Courribet et Rémi Mignot dans le cadre de l'ACI Jeunes Chercheurs « Espaces Sonores »,

exposée dans le paragraphe 6.3.2. Nous utilisons l'abstraction *tranche_ctrl* (Figure 43) pour la gestion de la fonction de probabilité de l'objet *rand_dist_list~* pour déclencher la position aléatoire de chaque grain. Dans l'Exemple multimédia 9. [641], le fonctionnement de l'abstraction est montré pour la manipulation des données relatives à la position des grains dans l'espace.

7.4.3.3 Échantillonneur, délai

À noter aussi que, dans certains modules contenant plusieurs instances, nous avons choisi de réduire le nombre de modules de spatialisation par l'emploi d'un seul à plusieurs instances simultanément. L'échantillonneur est l'un de ces cas : avec ces trente-cinq instances (c'est-à-dire, un maximum de trente-cinq échantillons déclenchables), avoir le module de spatialisation dans chacune des instances serait très coûteux pour la performativité de l'instrument. Nous avons donc choisi de distribuer les instances de l'échantillonneur dans cinq modules de spatialisation. Ceux-ci envoient ensuite les coordonnées des trajectoires du son à l'objet *poly.ambipan~*[642] qui se charge d'envoyer le son aux sorties sonores adéquates. Chaque module est donc responsable de la spatialisation d'un maximum de sept instances.

La spatialisation du délai, aussi implémenté avec un maximum de trente-deux instances, est aussi différente. Si dans le cas précédent, à chaque instance nous attribuions un module de spatialisation, pour le délai, nous attribuons aléatoirement un canal de la spatialisation à chaque instance. Chaque fois que le module est allumé, cette attribution est réalisée et donc la spatialisation est toujours différente, mais sans avoir des parcours du son tels que dans d'autres modules. Nous avons choisi de modifier constamment l'attribution des canaux de spatialisation pour que les itérations sonores ne soient figées dans l'espace, et ainsi maintenir une certaine cohérence avec la spatialisation aléatoire des autres modules.

---

[641] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/C0hCPl2h9tk

[642] L'objet, développé par Elliot Paris, est basé sur l'objet *ambipan~* pour gérer plusieurs sources sonores en même temps. « Poly.ambipan~ », *CICM - Centre de recherche Informatique et Création Musicale*, http://cicm.mshparisnord.org/index.html, consulté le 2 mars 2017.

7.4.3.4 Lecteur des échantillons

Un cas différent a été la spatialisation du module pour la lecture des échantillons. Nous avons pensé que l'utilisateur pourra vouloir reproduire l'échantillon avec la spatialisation préexistante dans le fichier. Ainsi, nous avons donné la possibilité d'avoir les deux méthodes disponibles ou un pourcentage de chacun. Par exemple, le musicien peut vouloir mettre 80 % du son avec la spatialisation originel et 20 % avec la spatialisation aléatoire que l'instrument propose. Cela est intéressant dans les cas où l'échantillon a été conçu avec moins de canaux que les canaux du dispositif de diffusion. Ce module est préparé pour reproduire des échantillons avec deux canaux (stéréo). En conséquence, dans les cas où le dispositif de diffusion comporte plus de points de sortie, le signal stéréo est distribué dans les autres canaux. Par exemple, si le système comporte huit canaux, le canal gauche d'échantillon stéréo sera envoyé aux canaux 1, 3, 5, 7, et le canal droit aux canaux 2, 4, 6, 8.

7.4.3.5 Réverbération, distorsion

Le son du module de réverbération n'est pas spatialisé. Il est envoyé de manière uniforme à tous les canaux du système de diffusion.

Concernant la distorsion, elle contient le même module général, mais il y a possibilité de régler le pourcentage de signal pour la spatialisation et celui envoyé dans tous les canaux.

7.4.3.6 Spatialisation manuelle

Notre système de spatialisation du son aléatoire à l'intérieur de chaque module converge dans un *router* finale où l'utilisateur peut décider si le son est diffusé tel qu'il a été spatialisé dans chaque module, ou si finalement le son sera placé dans une localisation spécifique ou si le chemin sonore est réalisé par le musicien. Ce module final de spatialisation a été créé avec l'objectif de pouvoir placer précisément le son dans un endroit spécifique de l'espace externe : dans certaines performances le mouvement des musiciens sur la scène fait partie de la performance et si les instruments acoustiques « amènent » avec eux le son, le même mouvement ne se passe pas

automatiquement avec les instruments numériques. Ce module a été la solution pour combler ce manque de conduite sonore par rapport au parcours physique du musicien.

La Figure 58 montre la petite interface que nous avons créée pour la spatialisation manuelle. Y sont représentés l'espace de diffusion du son et la configuration du dispositif en six canaux (à gauche) et en quatre canaux (à droite). La petite balle violette est la position du son. Les chiffres de 1-6 ou de 1-4 selon la configuration correspondent à la position des haut-parleurs, et le cercle qui entoure chacun des ses chiffres correspond à la distance du son à l'enceinte et donc le pourcentage du son qui sera affecté à ce point de diffusion. Dans le cas de la figure exposée, pour les six canaux, le son sera envoyé avec un pourcentage de 29 % à l'enceinte 3, 60 % à l'enceinte 4 et 10 % pour le dispositif complet.

Figure 58 – Objet *nodes* pour la spatialisation du son.

Dans l'interface gestuelle nous avons créé un espace correspondant pour la manipulation en direct de cette spatialisation. L'objet *Multiball* est en charge d'envoyer les valeurs pour le *mapping* de la balle violette. Comme nous avons vu pour le *Granulator*, il est possible d'automatiser la balle et ainsi créer d'autres sortes de spatialisation. Si au départ nous avons créé ce module pour conduire le son à travers notre parcours dans la scène, avec une automatisation de ce module, le processus inverse est possible. Nous pouvons observer comment réaliser la spatialisation manuelle dans l'Exemple multimédia 10.[643].

[643] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/XgrnP5l2v58

7.5 Les modules audio

Dans ce paragraphe, nous allons expliquer le fonctionnement de chaque module présent dans notre instrument numérique. Nous allons présenter le fonctionnement de chaque module dans le moteur sonore créé dans *Max/MSP,* et en deuxième partie, nous préciserons comment nous avons implémenté l'expressivité, si c'est le cas, associé à chaque module via l'interface gestuelle.

Quelques caractéristiques sont transversales dans le fonctionnement de tous les modules que nous avons intégrés dans notre instrument. Tous les modules audio peuvent être allumés avec le clavier de l'ordinateur avec la touche correspondant à une lettre qui est indiqué en lettres minuscules blanches dans le panneau bleu de chaque module.

Concernant les interfaces, chacune est disponible dans une fenêtre indépendante qui s'ouvre avec la majuscule de la lettre qui l'allume. Par exemple, la réverbération s'allume avec la lettre « r » et le module s'ouvre avec la lettre « R » (c'est-à-dire maj+r)

En dehors de ces modules audio, un filtre général a été implémenté pour que le son de la diffusion ne soit pas saturé dans certaines fréquences. En effet, par expérience dans l'improvisation nous avons conclus que le signal diffusé était souvent saturé à cause de l'adjonction d'effets qui amplifiaient le signal dans des zones spectrales inaudibles et donc inutiles d'être diffusés. Selon le matériel de diffusion dans l'espace externe, les valeurs de ce filtre pourront être adaptés, par exemple nous pouvons élargir la bande passante dans les graves s'il y a la possibilité d'utiliser un haut parleur *subwoofer.*

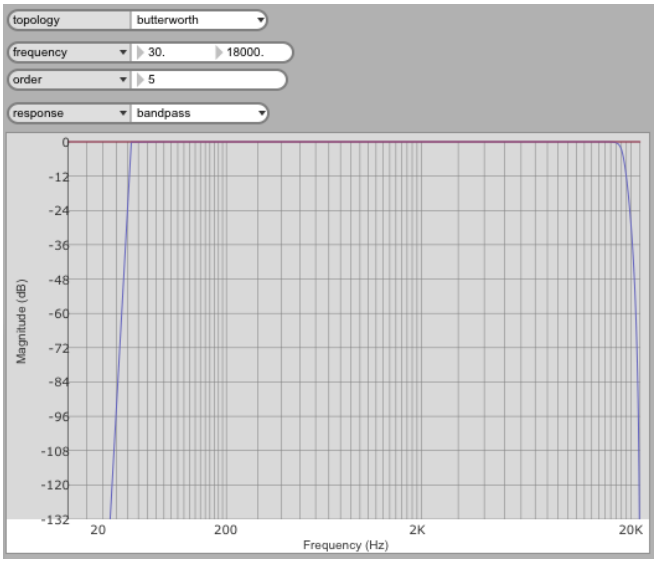


Figure 59 – Module de filtre générale[644] appliqué au son globale

Nous allons exposer les modules audio qui servent à manipuler des échantillons sonores chargés en mémoire ou d'un son entrant dans le système ; ensuite, nous exposerons les modules qui, d'une manière ou d'une autre peuvent générer un signal audio à partir de la lecture des échantillons sonores stockés en mémoire.

Les premiers modules que nous présentons ici correspondent à la gestion du signal sonore dans le temps. Nous allons voir que le traitement du signal sonore dans le temps est utilisé pour plusieurs types d'effets sonores que nous n'associons directement pas au temps : la transposition de hauteur par exemple ; mais il est aussi utilisé pour différents autres traitements sonores. En regardant la classification de Miller Puckette[645] du résultat sonore du décalage d'un signal sonore, c'est-à-dire, le délai de temps entre le son originel et sa reproduction, nous pouvons voir comme certains effets peuvent s'obtenir par cette gestion temporelle d'un signal sonore :

- Canon – quand deux copies d'un signal sont émises avec un décalage temporel suffisant long pour que le signal change sensiblement, nous pouvons entendre les deux comme des flux musicaux séparés et nous pouvons distinguer le signal à son soi antérieur.
- Écho – avec des décalages entre les deux de trente millisecondes et une seconde, la deuxième copie du signal peut être entendue comme un écho du son original.

---

[644] Pour plus d'informations sur les méthodes de filtrage, voir « A Tour of Filtering Tools in Max », *Cycling '74*, https://cycling74.com/articles/a-tour-of-filtering-tools-in-max, consulté le 17 avril 2019.

[645] Miller PUCKETTE, *The Theory and Technique of Electronic Music*, New Jersey, World Scientific, 2007.

- Filtre – avec des décalages de temps inférieurs à environ trente millisecondes, les copies sont trop rapprochées dans le temps pour être perçues séparément, et l'effet dominant est que certaines fréquences sont améliorées et d'autres supprimées. Cela change l'enveloppe spectrale du son.
- Changement de qualités acoustiques – Si la deuxième copie est jouée plus discrètement que la première et surtout si nous ajoutons beaucoup plus de copies décalées à des amplitudes réduites, le résultat peut imiter les échos qui se produisent dans une pièce ou un autre espace acoustique.

Ce dernier correspondant aux effets de réverbération où nous entendons les réflexions des obstacles dans des espaces acoustiques. Selon leur forme et leur distance, ces obstacles provoquent des changements dans l'« interférence » avec le signal originel, c'est-à-dire, les réflexions du son nous informent auditivement des caractéristiques acoustiques de la salle.

Dans notre instrument, nous n'utilisons pas des effets rentrant dans la catégorie des filtres. Comme exemple des utilisations de cette catégorie, nous pouvons penser au filtre à peigne quand le décalage est de quelques *samples* ou des effets comme le *flanging* ou le *chorus.*

Dans la pratique d'utilisation de notre instrument, le « canon » est plutôt utilisé avec la technique de délai utilisant l'enregistrement du signal et lecture ultérieure. Nous l'expliquerons dans le paragraphe 7.5.7. Néanmoins, le module que nous avons créé est suffisamment versatile pour pouvoir générer des effets de canon, mais notre utilisation est normalement faite avec des temps de décalage courts. La dernière catégorie est donc l'effet d'écho et nous présentons ensuite le module créé pour notre instrument numérique.

7.5.1 Delay – délai

Pour l'implémentation de ce module de délai[646], nous nous sommes inspirés des *GRM tools*. Dans ces outils, l'utilisateur peut créer des effets de délai complexes par la manipulation des graphiques avec la souris ou un autre contrôleur. Ce qui a attiré notre attention a été la possibilité de contrôler le nombre de répétitions, le temps de retard et l'amplitude de chaque itération, et ainsi faire des sonorités complexes, par exemple le rebondissement ou la répétition rapide.

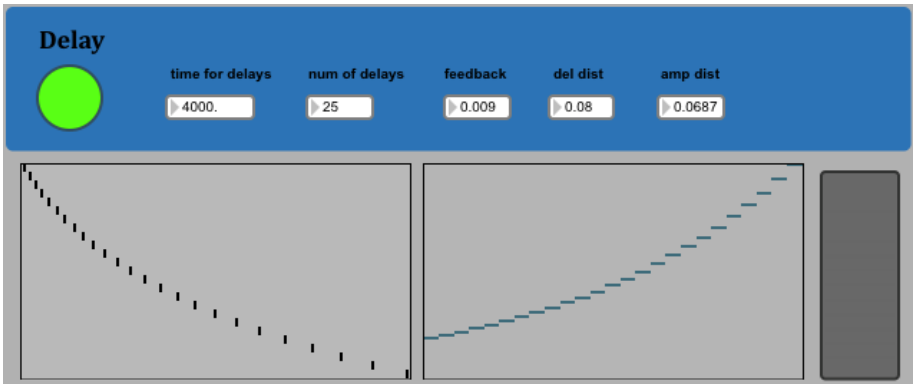


Figure 60 – module de délai

Nous avons créé un module simple de délai utilisant une ligne à retard, avec les objets *tapin~* et *tapout~*[647], où le décalage réalisé par ce dernier est répliqué dans de multiples instances. L'utilisateur peut choisir le temps de retard de l'ensemble des itérations, le nombre d'itérations, la valeur de la rétroalimentation du son vers chaque itération, la valeur de la distribution des itérations dans le temps total de la ligne à retard et l'amplitude sonore de chaque itération.

Le temps de retard de chaque itération du signal est calculé comme s'il agissait des points d'une fonction exponentielle. Les instances sont créées dans *Max/MSP* avec l'objet *poly~* qui attribue un chiffre à chaque instance, récupérable par l'objet *thispoly~* à l'intérieur des instances. Nous avons commencé par créer 128 instances, mais le fait

---

[646] Nicolas Collins montre comme cette technique était utilisé depuis les années 1960 avec les bandes magnétiques : « Tape delay systems were used by a number of composers to create realtime counterpoint from live performance. Two reel-to-reel tape decks would be set side by side on a table; a reel of tape would be placed on the leftmost machine and threaded past the heads to a take-up reel on the second machine; the first deck would be set to record and the second to play back; as the tape moved from one deck to the other, sounds recorded on the first would be heard from the second at a delay corresponding to the distance between the machines and the tape speed (a fifteen-inch separation between decks running at seven inches per second yields a delay of two seconds; a fifteen-foot gap would produce a delay of twenty-four seconds) ». *in* Nicolas COLLINS, « Live Electronic Music », *op. cit.*, p. 43, 44.

[647] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#tapin~

de répéter le même code pour ce nombre d'instances provoquerait une surcharge énorme du processeur avec un simple module. Nous avons donc réduit le nombre d'itérations à 32. Ainsi, la fonction correspondante aura les points n=1…32. La fonction est la suivante :

$$F(n) = en * dist \quad - 1eN * dist - 1 * DelT$$

Où *n* est le nombre de l'itération, *N* le nombre maximal d'itérations du délai, *dist* est la valeur définie par l'utilisateur qui définit l'inclination de la courbe et *DelT* correspond au temps total de délai. Pour le calcul de la courbe d'amplitude, nous avons créé une fonction pour le *crescendo* et une fonction pour le *decrescendo*. Quand la valeur introduite par l'utilisateur est 0, les itérations ont une amplitude constante (à la valeur maximale). Pour le *crescendo* la fonction est la suivante :

$$F(n) = \frac{e^{n*dist}}{e^{N*dist}}$$

Où *n* est le nombre de l'itération, *N* le nombre maximal d'itérations du délai, *dist* est la valeur définie par l'utilisateur qui définit l'inclination de la courbe du *crescendo*. Pour le *decrescendo* la fonction est la suivante :

$$F(n) = \frac{e^{N*|dist|}}{e^{n*|dist|}}$$

La distribution des réitérations du son et l'amplitude de chacune de ces itérations sont soumis à ces fonctions exponentielles. L'utilisateur peut varier les valeurs entre -1 et 1 et voir le résultat de la fonction dans la fonction graphique disponible dans le module. Nous pouvons voir dans la Figure 61, le résultat de la fonction si x=0.25 et x=-0.25,

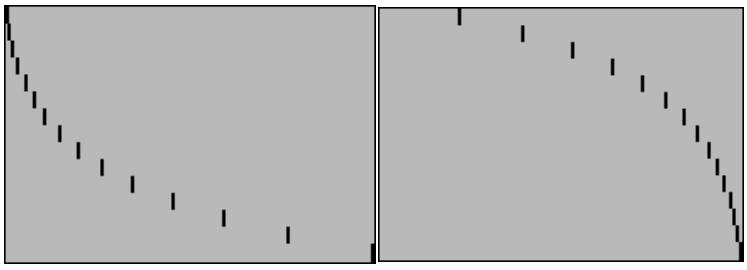


Figure 61 – Rallentando et accelerando des itérations du délai

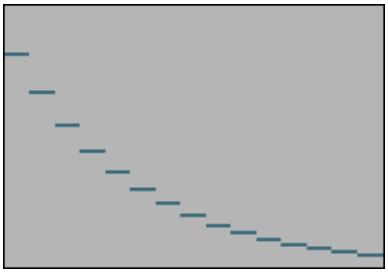


Figure 62 – *Decrescendo* et *crescendo* d'amplitudes des itérations du délai

Dans la Figure 62, nous pouvons observer les graphiques du *crescendo* et *decrescendo* avec une distribution de 0.2 et -0.2.

Un dernier paramètre que nous pouvons utiliser dans ce délai est le pourcentage de signal qui sera rétroalimenté (*feedback*) dans la ligne de la mémoire tampon. Chaque instance de ce module est préparée pour que le signal de sortie puisse entrer à nouveau dans le module avec un pourcentage qui peut avoir une valeur maximale de 90 %. Ce paramètre est limité à cette valeur pour que le module soit stable. En effet, avec une valeur supérieure à 100 % l'amplitude du signal croîtra jusqu'à saturation du signal et jusqu'à la limite de la capacité du système de diffusion.

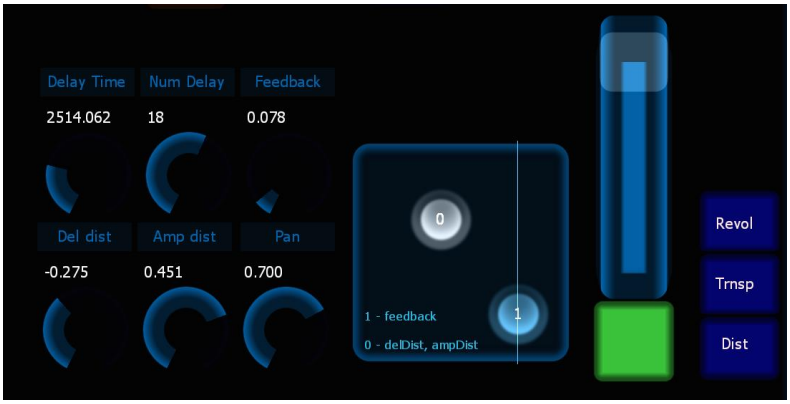


Figure 63 – Interface pour le module de délai

Dans l'interface gestuelle, que nous pouvons voir dans la Figure 63, nous avons créé une interface similaire avec des potentiomètres rotatifs pour chaque paramètre et un espace *Multiball* qui permet de manipuler les valeurs de la distribution des itérations du délai et la distribution de l'amplitude de ces itérations, avec une balle et une autre balle, pour contrôler la valeur du *feedback.* Le rendu sonore et les possibilités de manipulation

de ce module sont visibles dans l'Exemple multimédia 11.[648].

Nous n'avons pas inséré des objets pour la représentation graphique de la distribution des itérations ou de l'amplitude, car ces graphiques ne sont qu'une aide visuelle aux valeurs introduites par l'utilisateur pour comprendre comment sera le résultat sonore, pour ne pas surcharger l'interface d'information visuelle, mais aussi pour ne pas ajouter des échanges d'information entre le moteur sonore et l'interface gestuelle.

7.5.2 Reverse

Ce module est un autre usage de la ligne à retard : *tapin~, tapout~*.

Pour pouvoir lire une mémoire tampon à l'envers en temps réel, celle-ci doit avoir une taille deux fois plus grande que le temps que nous souhaitons pour la reproduire à l'envers. Pour que le point de lecture ne superpose pas le point d'écriture, il faudra au moins une mémoire tampon de cette taille, car l'écriture est ininterrompue.

Encore une fois, il s'agit d'un effet très simple, mais très efficace dans plusieurs situations d'improvisation. La mémoire tampon circulaire est rempli en continu d'un signal audio et l'utilisateur déclenche le moment où il veut entendre le son rétrogradé.

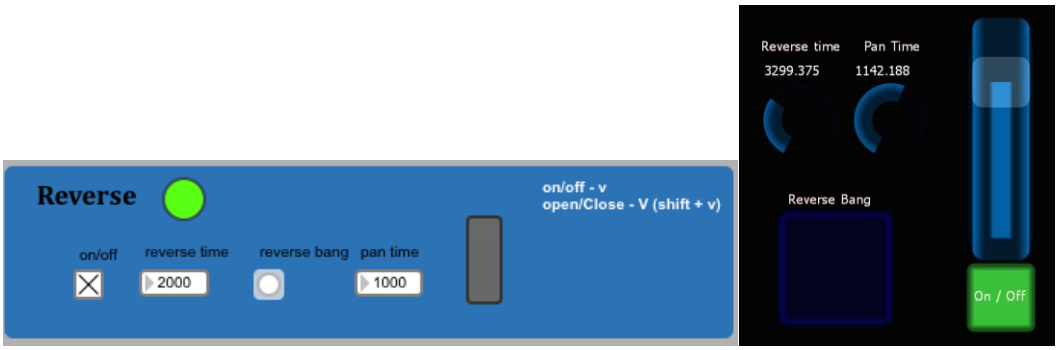


Figure 64 – Module de reverse et sa représentation dans l'interface gestuelle

L'utilisateur définit la durée de l'échantillon qu'il souhaite entendre au rebours et envoie un message au module pour que ce dernier démarre l'opération. Il va ensuite lire la mémoire tampon circulaire pendant le temps défini auparavant. L'interface gestuelle pour cet effet consiste à l'adapter des paramètres vers l'application *Lemur* au sein de

[648] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/-Upfv46v5Mc

laquelle nous avons inséré un *Pad* comme déclencheur de la lecture de la mémoire tampon à l'envers. (Exemple multimédia 12.)[649].

7.5.3 Reverb – réverbération

La réverbération d'un signal sonore dans un espace naturel né de sa réflexion avec les objets et murs qui composent l'espace. Ses réflexions créent une toile complexe de signaux sonores qui, dans ses interférences, causant amplifications et annulations des fréquences, donnent une « couleur » spécifique de l'espace de projection. Le signal sonore émis dans un tel espace est composé du son direct, du son de premières réflexions et des réflexions des réflexions, et ainsi successivement jusqu'à la dissipation totale du signal sonore qui perd son énergie dans l'espace.

Il existe plusieurs méthodes pour simuler des effets de réverbération par ordinateur, par exemple celle de la convolution (voir paragraphe 5.2.6.3.3), mais nous avons choisi un algorithme qui a été largement utilisé et adapté à d'autres plateformes telles que *Audacity*[650].

Le module de réverbération que nous utilisons pour notre instrument numérique se base dans l'implémentation de l'algorithme *GVerb* de Juhana Sadeharju[651] dans *Max/MSP* par Olaf Mathes. Les paramètres disponibles pour la manipulation en direct sont les suivants[652] :

- *Roomsize* (taille de la pièce) – contrôle les caractéristiques globales de l'effet de réverbération. En général, ce paramètre influence à la fois la simulation des premières réflexions et le son de la queue.
- *Reverb time* (temps de réverbération) : Contrôle la durée approximative de la réverbération. En général, ce paramètre affecte la simulation de la queue de réverbération. Des valeurs très petites font presque disparaître la queue.
- *Damping* (amortissement) : Ce paramètre contrôle la réponse des premières réflexions et la décroissance de la queue de réverbération. Plus la valeur est élevée,

---

[649] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/8IpDLIREoJI

[650] « Audacity », https://www.audacityteam.org/, consulté le 25 mai 2018.

[651] Le code source est disponible en accès libre sur la plateforme GitHub: « Gverb », *HighFidelity*, 31 mai 2019, https://github.com/highfidelity/gverb, consulté le 25 mai 2018.

[652] « GVerb », *Audacity Manual*, https://ttmanual.audacityteam.org/o/man/gverb.html, consulté le 25 mai 2018.

moins la réverbération est intense.

- *Input Bandwidth* (Bande passante d'entrée) : Fournit une sorte de contrôle « ton ». Les petites valeurs entraînent le traitement d'une plus petite plage de fréquences. En général, l'effet de ce contrôle peut être entendu dans la bande des aigus. Des valeurs plus petites provoquent une réverbération « étouffée » et moins brillante.
- *Dry signal level* (niveau du signal non traité) : Un contrôle de volume qui détermine la quantité de son original dans la réverbération. La valeur par défaut -70 dB produit très peu de signal sec, et donc un effet très fort.
- *Early reflection level* (réflexion précoce) : Un contrôle de volume qui détermine le nombre des premières réflexions.
- *Tail level* : Un contrôle de volume qui détermine la quantité de « effet Hall » de la réverbération. Le volume de la queue détermine l'intensité de la réverbération.

La mémoire tampon du module de réverbération peut être vidé en appuyant sur le bouton *bang : Clear buffer*. Il peut être nécessaire de supprimer le contenu de ce tampon si l'utilisateur nécessite de réduire l'effet de réverbération et ainsi effacer la réverbération préexistante.

Ce module est identique à l'exemple contenu dans le module d'aide dans *Max/MSP*, mais avec une présentation différente. Nous avons simplement intégré les contrôles pour l'interaction avec l'interface gestuelle et nous avons inclus différents préréglages, (appelés aussi de *presets*) adaptés à nos besoins.

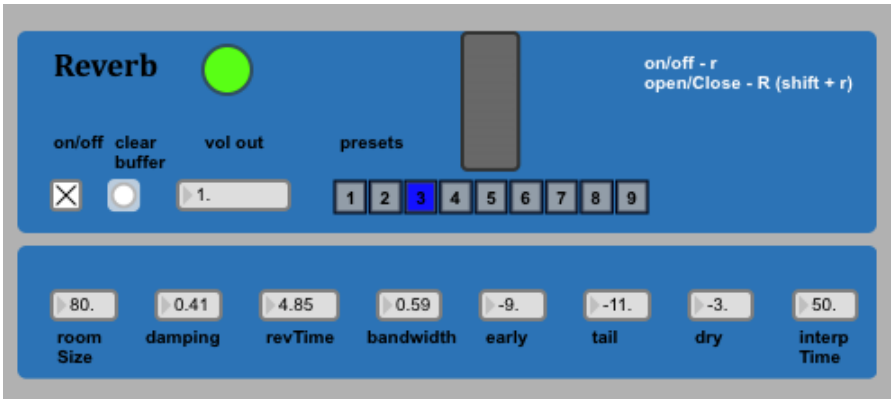


Figure 65 – Module de réverbération

Pour allumer la réverbération à partir de l'interface du moteur sonore, l'utilisateur peut appuyer sur la touche « r » ou appuyer sur le bouton au côté du titre du module. Pour ouvrir le module, il doit appuyer sur la touche « R » (maj+r).

Dans l'utilisation de ce module, ce sont normalement les *presets* qui sont évoqués pour

donner le sens de l'espace que nous souhaitons. Du premier *preset* au dernier, il y a une augmentation de la réverbération par l'« augmentation » de tous les paramètres. L'utilisation individuelle des paramètres n'est utilisée que dans des cas spécifiques. Tel que nous avons déjà mentionné, il est très important d'avoir les contrôles disponibles pour le musicien, au cas où il en ait besoin pour des situations précises. Pour cela, nous donnons toujours la possibilité de modifier ces paramètres en temps réel, en introduisant manuellement les valeurs, ou en glissant les valeurs à travers les objets *number box,* ou par les potentiomètres rotatifs. Dans l'Exemple multimédia 13.[653], nous utilisons les *presets* et manipulons les paramètres de la réverbération.

Dans la Figure 66, nous pouvons observer comment nous avons implémenté l'interface gestuelle pour la réverbération.

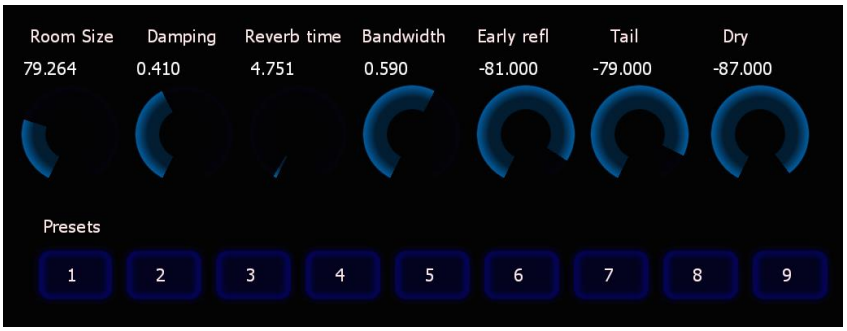


Figure 66 – Interface gestuelle pour le module de réverbération

L'interface gestuelle est une réplication de l'interface existant dans le moteur sonore avec des potentiomètres rotatifs à la place des objets numériques du moteur sonore.

7.5.4 Transposer – transposition

Deux méthodes existent pour transposer le spectre d'un échantillon sonore : la transposition de fréquence (*frequence shifting*) et la transposition de hauteur (*pitch shift*). La différence fondamentale entre les deux types de transposition que nous utilisons se vérifie dans les relations harmoniques résultantes de cette opération. Lors de la transposition de fréquence, les relations harmoniques du son originel ne se conservent pas tandis que dans la transposition de hauteur celles-ci se maintiennent.

[653] Visible en ligne sur la page : https://youtu.be/ECRWSMonKu8

Pour notre implémentation de ces effets dans le moteur sonore, dans le premier cas nous nous sommes basés sur l'objet *freqshift~*[654] qui est déjà une abstraction construite dans le logiciel. Pour la réalisation de la transposition de fréquence, l'objet dont nous faisons usage est l'abstraction de l'implémentation du diagramme de la Figure 67 réalisé par James Clark[655].

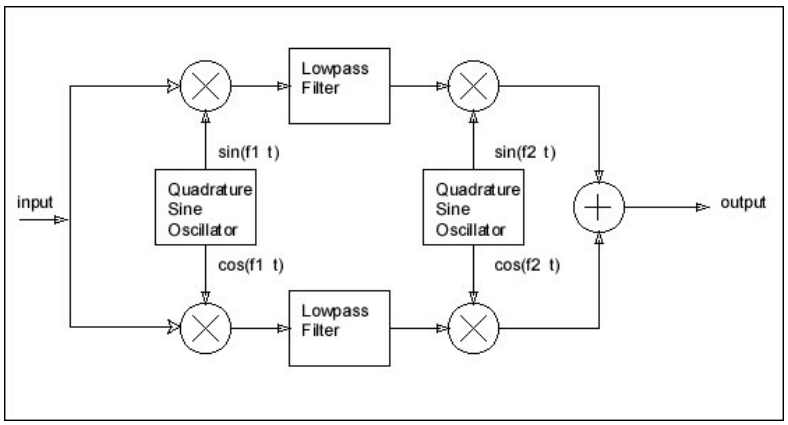


Figure 67 – Diagramme pour la transposition de fréquence[656]

Pour la transposition de hauteur, nous avons utilisé à nouveau une ligne à retard avec les objets *tapin~*, *tapout~*. Le principe de cette technique de transposition est l'utilisation de l'effet Doppler, c'est-à-dire, en lisant une ligne à retard de durée fixe sur la fréquence correspondant à la transposition de hauteur souhaitée. Par exemple, si la fréquence de lecture de la ligne à retard augmente, nous avons une transposition du signal sonore, mais comme la dimension de la ligne à retard est fixe, la lecture accélérée ne peut pas se faire éternellement, car elle croisera le point d'écriture de la ligne à retard et cela provoquera une discontinuité. Ainsi, il faudra lire la ligne à retard sur des fenêtres plus courtes que sa durée. Pour éliminer les discontinuités, il faudra faire cette opération deux fois avec un déphasage de 180 degrés[657].

À partir de l'interface du moteur sonore, ce module s'allume avec la touche « t » ou

---

[654] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#freqshift~

[655] Pour une explication plus détaillée, nous renvoyons le lecteur pour le livre en ligne : James J. CLARK, *Advanced Programming Techniques for Modular Synthesizers*, 2003, nº (en ligne).: http://www.cim.mcgill.ca/~clark/nordmodularbook/nm_book_toc.html

[656] James J. CLARK, « Frequency and Pitch Shifting », *Advanced Programming Technics for Modular Synthesizers*, https://www.cim.mcgill.ca/~clark/nordmodularbook/nm_spectrum_shift.html, consulté le 22 septembre 2018., image retirée de ce lien, où la transposition de fréquence est expliqué en détail. Lien vérifié le 26 août 2018

[657] Pour une description plus détaillé de façon d'implémenter la transposition d'hauteur, nous renvoyons le lecteur au livre suivant : Miller PUCKETTE, *The Theory and Technique of Electronic Music*, *op. cit.*, p. 202.

cliquant dans le bouton vert. Le module s'ouvre avec la touche « T » (maj+t).

Nous avons construit quatre instances de transposition, et donc des outils pour contrôler les valeurs pour chacune des quatre instances qui deviennent donc indépendantes. Pour faciliter l'accès et la manipulation, il existe un bouton pour allumer / éteindre et un contrôle de volume qui gère les quatre instances en même temps.

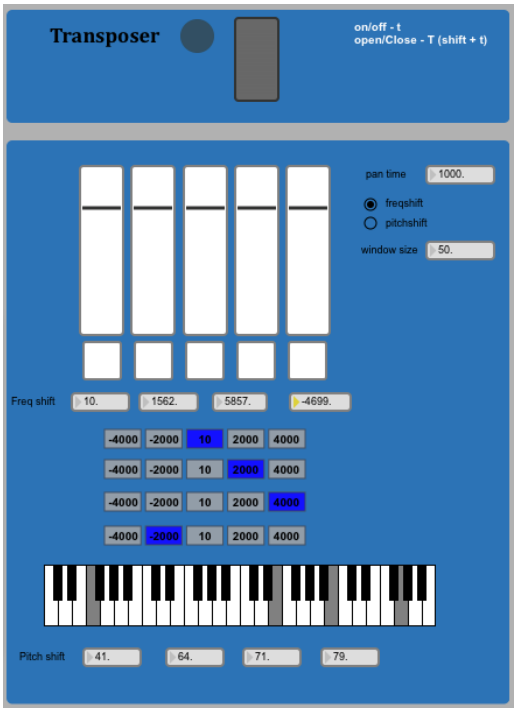


Figure 68 – Module pour la transposition de fréquence et de hauteur

Pour la transposition de fréquence, l'utilisateur peut introduire des valeurs manuellement ou choisir des valeurs que nous avons proposées par défaut. Pour la transposition de hauteur, nous avons inséré un clavier pour que l'intervalle de transposition soit plus compréhensible. Les valeurs sont indiquées dans la norme MIDI. Le Do central, correspondant à la non-transposition, est la valeur MIDI numéro soixante.

Pour l'interface gestuelle, nous avons dû « construire » un clavier, car il n'existe pas d'objet correspondant au clavier et par conséquent nous avons adapté l'objet *Pads* pour construire un équivalent au clavier. Dans la Figure 69, nous pouvons voir l'aspect final de l'interface de transposition avec le clavier. Les objets restants de cette interface

émulent l'interface construite pour le moteur sonore. L'Exemple multimédia 14.[658] montre bien le fonctionnement de cet effet.

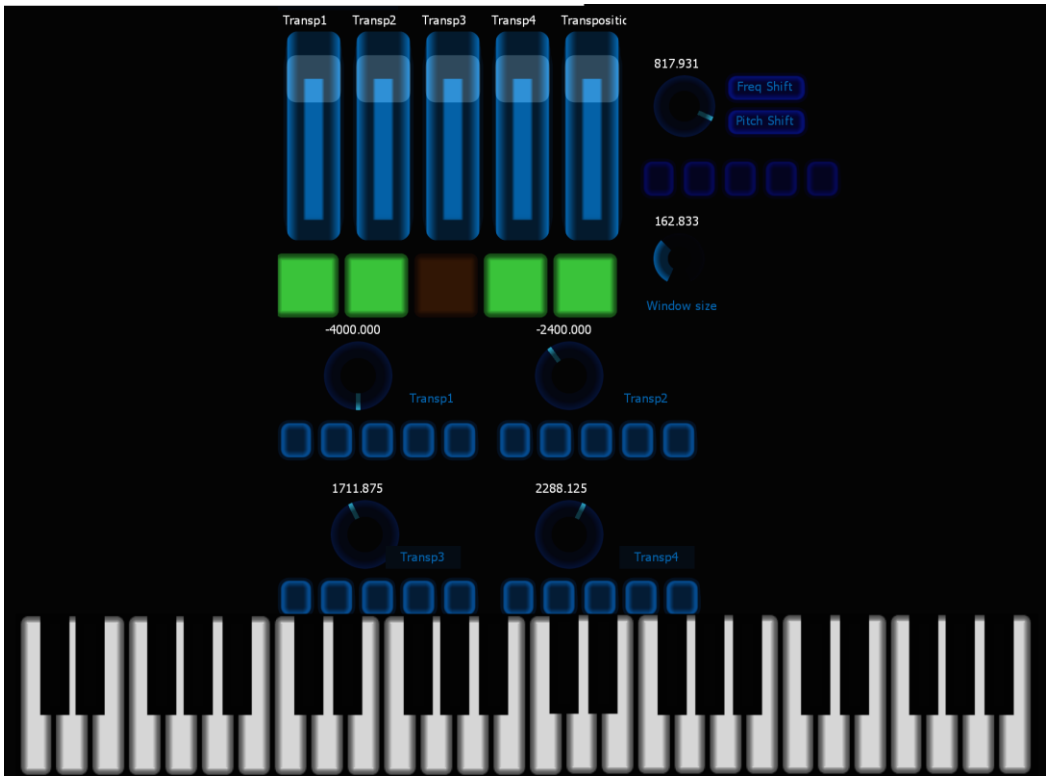


Figure 69 – Interface pour le module de transposition dans l'interface gestuelle.

7.5.5 Distorsion

Ce module audio est basé sur l'objet *overdrive~*[659] de *Max/MSP*. L'objet utilise une fonction non-linéaire qui simule la saturation d'un amplificateur, et limite le signal entre les valeurs -1 et 1 ; si les valeurs dépassent ces seuils, il crée un écrêtage doux (*soft clipping*). L'utilisateur doit ensuite régler les niveaux de volume de sortie du module pour ne pas le superposer au son des autres modules. Par défaut, notre signal de sortie est multiplié par 0,4 pour que les valeurs ne dépassent pas les seuils établis.

Dans notre approche, l'objectif était surtout de transformer le signal audio dans une sonorité plus proche du bruit et avec un comportement potentiellement chaotique. Pour cela, nous avons décidé d'ajouter une option de « dégradation » du son en réduisant la

[658] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/HDIIINi9SBg

[659] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#overdrive~

définition du signal audio. Cela est possible par l'utilisation de l'objet *degrade~*. Il manipule deux paramètres en temps réel : le taux d'échantillonnage (*sampling rate*) et le nombre de bits pour la quantification du signal d'entrée (*word size*).

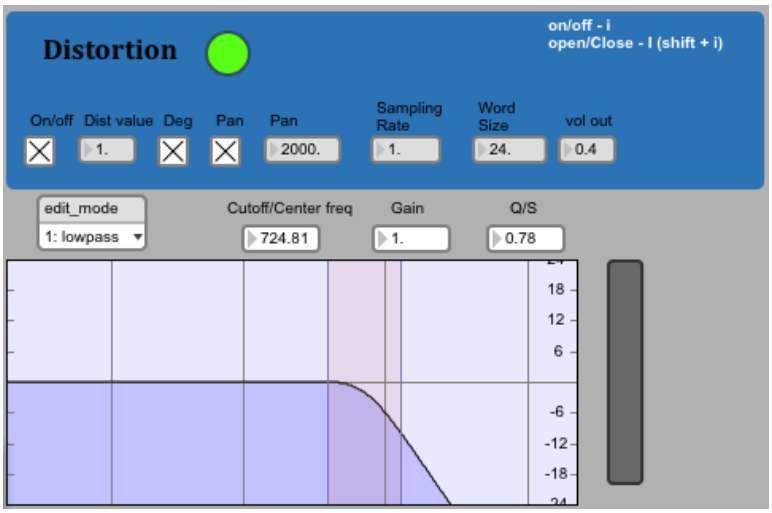


Figure 70 – Module de distorsion

Un autre paramètre important dans ce module est la spatialisation de cette distorsion. La spatialisation de *RJ* est née de son implémentation dans ce module. Toujours dans le même esprit de rendre un son plus saturé et chaotique, nous nous rendons compte qu'avec des parcours du son très rapides, nous écoutions un signal proche à la granulation. Ainsi les valeurs pour le temps du mouvement d'un point de l'espace au suivant peuvent varier de 25 ms à 4000 ms. Cette spatialisation est expliquée en détail dans le paragraphe 7.4.3.

La saturation du signal peut faire ressortir des fréquences ou des blocs spectraux inattendus. Pour pouvoir corriger ces éventuels problèmes, nous avons inséré un filtre passe-bas, car c'est plutôt dans ces fréquences aigües que nous trouvons une gêne, mais ce filtre est complètement configurable.

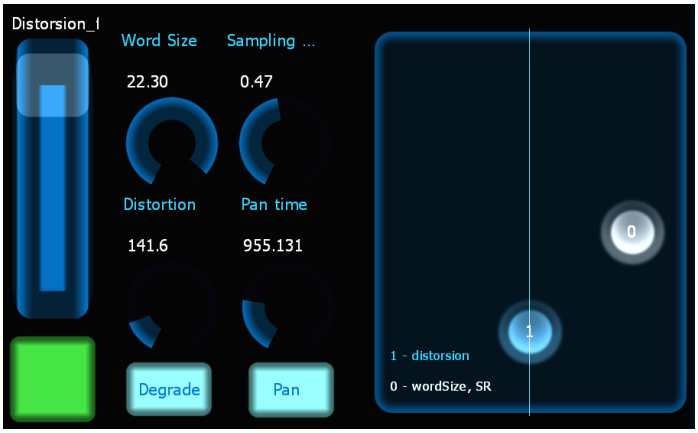


Figure 71 – Interface gestuelle pour la distorsion

L'onglet de l'interface gestuelle dédié à la distorsion contient les potentiomètres pour la manipulation des paramètres de ce module et un objet *Multiball* pour pouvoir contrôler rapidement les paramètres de manière plus instrumentale. Ainsi les potentiomètres réalisent un *mapping* direct et le *Multiball* réalise un *mapping one-to-many* où chaque balle contrôle deux paramètres (Cf. Exemple multimédia 15.)[660]. Ce lien instrumental est réalisé à l'intérieur de l'interface gestuelle, c'est-à-dire que les balles manipulent directement les potentiomètres de l'interface.

7.5.6 Filtre spectral

Ce module a eu pour inspiration le module *Evolution*[661] présent dans le *GRM tools*. Notre idée de base a été de créer un *noise gate* spectral[662] pour pouvoir « nettoyer » les échantillons sonores au niveau spectral, c'est-à-dire, d'enlever les fréquences de faible intensité. Le module a un seuil qui définit le minimum (et maximum) d'intensité qu'un partiel peut avoir pour être conservé et ainsi reproduit. Si nous montons le seuil de l'intensité des fréquences, d'autres moins « importantes » pour la composition spectrale

[660] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/_iampkmUaFg

[661] « Evolution », *GRM Tools*, https://inagrm.com/en/store/product/5/evolution, consulté le 14 décembre 2018.

[662] La manipulation spectrale du son est un outil puissant pour les compositeurs et différentes implémentations sont disponibles. Un tutorial pour la manipulation spectrale en *Max/MSP* a été réalisé dans Jean-François CHARLES, « A Tutorial on Spectral Sound Processing Using Max/MSP and Jitter », *Computer Music Journal*, vol. 32, nº 3, pp. 87-102. Une vaste palette de plugiciels pour la manipulation spectrale est disponible en Michael NORRIS, « Soundmagic Spectral », http://www.michaelnorris.info/software/soundmagic-spectral, consulté le 14 décembre 2018.

du son seront effacées et nous obtenons un résultat sonore plus « pure » (c'est à dire avec moins de partiels).

Notre objectif pour ce module a été de créer un outil permettant de construire des « nappes » sonores, des continuums de son créés à partir d'un son d'entrée. Pour cela nous avons utilisé la possibilité de faire des *freeze* avec l'objet *livegranul~* qui figent des moments choisis pour créer ces continuums jusqu'à la création du suivant.

Le processus de base est le suivant : le son d'entrée est introduit dans le module et il est « granulé »[663] dans deux modules pour cet effet. Ensuite, nous envoyons le signal résultant de cette granulation aux modules de filtrage spectrale. Les résultats sont donc multipliés par des enveloppes avec un déphasage de 180º qui simule un *crossfade*[664] entre les deux signaux de manière à avoir des évolutions du son à partir d'un même signal d'entrée. L'utilisateur peut contrôler le temps de *crossfade* entre les deux *freezes* et le niveau de pureté à appliquer à ce résultat sonore. La mémoire tampon circulaire utilisé pour faire ces opérations a une capacité de 2000 ms (temps défini par nous-même). Lors des *freezes*, la position de la mémoire tampon utilisée varie entre les *samples* qui démarrent aux *sample* à 5 ms jusqu'au *sample* à 35 ms. Néanmoins, l'utilisateur peut parcourir les 2000 ms du tampon à travers un curseur créé à cet effet (*Buffer position*).

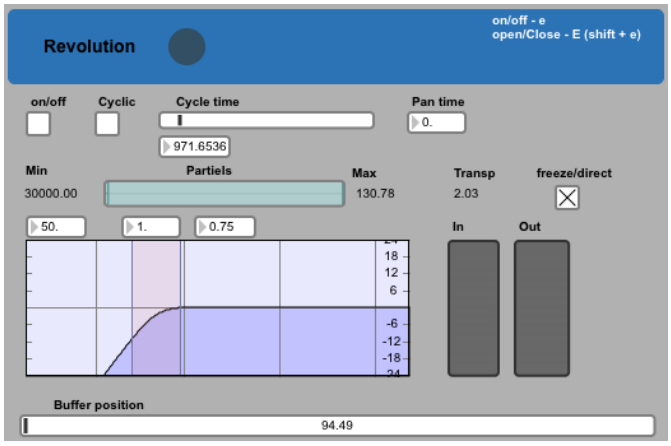


Figure 72 – Module de filtrage spectrale

Dans ce module, nous pouvons proposer d'autres modalités d'utilisation : au lieu de générer des *freezes* résultant des nappes, nous pouvons dépasser ce stade et faire un

[663] Voir l'utilisation de Barry Truax de la granulation dans le paragraphe 6.2.3

[664] La technique de *crossfade* est utilisée pour réaliser un passage progressif d'un signal áudio dans un autre.

filtre spectral directement dans le son d'entrée. Par défaut le module est préréglé pour faire cycliquement les *freezes* et le *crossfade*. Toutefois, il est possible d'enlever ce cycle et donner à l'utilisateur le contrôle du moment où réaliser les *freeze.*

Nous avons ajouté un filtre basé dans l'objet *biquad~* pour pouvoir choisir la zone sur laquelle appliquer le filtre spectral. Le son passe par ce filtre avant d'être soumis aux processus décrits, c'est-à-dire, avant la granulation et le filtrage d'intensité spectrale.

Figure 73 – Interface pour le filtrage spectrale

L'interface de contrôle de cet effet est composé par un objet *Multiball* où le doigt de l'utilisateur peut contrôler deux paramètres : la transposition du son et la position du *freeze* dans la mémoire tampon. L'objet *range* placé en dessous de l'objet *Multiball* est dédié au filtre spectral. L'utilisateur peut choisir l'intervalle du filtre de partiels dans le spectre qu'il souhaite que soit reproduite.

Nous avons ajouté deux boutons pour faciliter le jeu dans l'espace : *Center* – place la balle dans la position initiale et *Freeze Y* – fige la transposition pour pouvoir parcourir la position du buffer avec la même transposition. Les autres boutons servent à sélectionner les différentes possibilités de cet effet dont nous avons déjà parlé. Pour une démonstration de cet effet, voir Exemple multimédia 16.[665].

[665] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/_EDIA7apWvM

7.5.7 Players – lecture des mémoires tampon

Nous avons créé quatre lecteurs d'échantillons[666] correspondant aux quatre mémoires tampon que nous avons placé dans l'interface principale. Ces lecteurs sont très simples, mais efficaces : ils permettent la lecture d'une mémoire tampon en entier ou des régions de cette mémoire sélectionnées par le musicien. La lecture peut être réalisée en boucle et à plusieurs vitesses : le musicien peut gérer cela en temps réel.

Comme nous pouvons enregistrer dans les mémoires tampon un signal audio, dans ce module, il est possible de reproduire instantanément après un signal audio qui vient d'être joué, de le transposer, etc.[667] Notre utilisation principale de ces lecteurs est précisément celle-ci en créant des textures complexes à partir de la répétition du son enregistré. Il existe une autre façon de créer des effets de délai dans le son, où le décalage temporel entre le son enregistré peut varier de quelques *samples* (avec les effets sonores dont nous avons parlé auparavant) jusqu'à quelques seconds, minutes ou heures, c'est à dire, un décalage illimité.

Le musicien a la possibilité d'assigner le même échantillon à différentes mémoires tampon pour lecture. Il y a donc la possibilité de reproduire le même échantillon de différentes manières. Nous pouvons par exemple, enregistrer le son d'un instrument et le reproduire à une vitesse légèrement différente, provoquant alors des hétérophonies.

---

[666] Pour une histoire des échantilloneurs, voir Romain BRICOUT, *Les enjeux de la lutherie électronique : de l'influence des outils musicaux sur la création et la réception des musiques électroacoustiques*, thèse de doctorat, Université Lille 3, 2009. et Bruno BOSSIS, « 6.3 Les échantillonneurs », *Session 6 - De la musique mixte à l'interactivité*, avril 2005, http://portal.unesco.org/culture/fr/ev.php-URL_ID=26604&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html, consulté le 13 septembre 2017.

[667] À noter que des clics se produisent lors de la lecture au moment de superposition de l'enregistrement à cause de la discontinuité créée dans l'onde sonore. Des objets *Max/MSP* existent pour la lecture des échantillons sans avoir ces clicks tels que le karma~ (https://cycling74.com/tools/karma-samplerlooper-external consulté le 30 août 2018). Néanmoins, on peut affirmer que ces clics sont devenus, malgré l'erreur initiale, une partie intégrante de notre sonorité, qui est finalement exploitée avec d'autres modules audio.

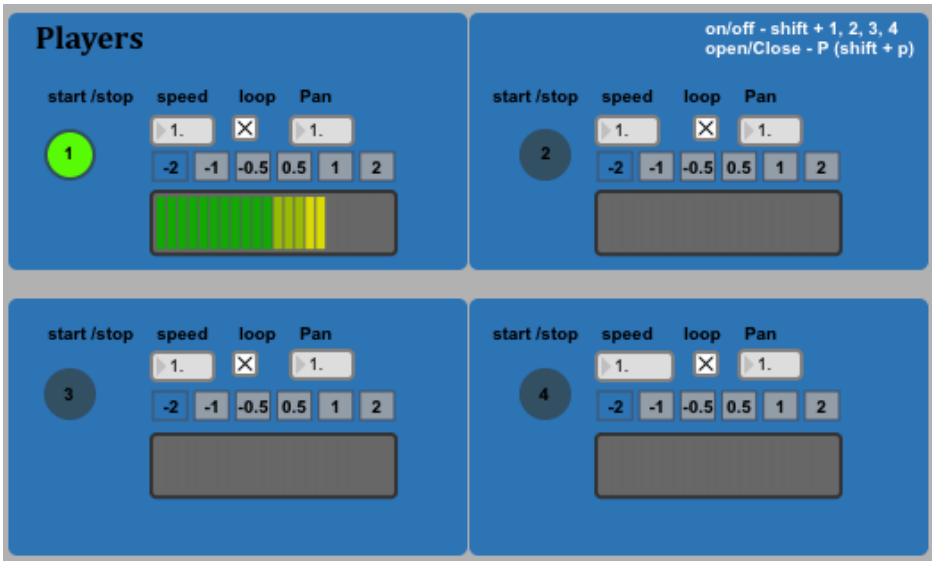


Figure 74 – Module pour la lecture des échantillons

L'interface de contrôle dans le moteur sonore contient la vitesse de lecture le d'échantillon, le mode de lecture en boucle et le pourcentage de spatialisation. Un menu de accès rapide à la vitesse de lecture a été inclus avec les vitesses que nous utilisons de plus.

Dans l'onglet de l'interface gestuelle de lecture des échantillons, nous avons choisi d'introduire toutes les fonctions de gestion des mémoires tampon. C'est dans cet onglet que nous pouvons choisir les échantillons sonores pour les quatre mémoires tampon. Quatre menus sont disponibles à cet effet dans un système de couleurs propres à chaque mémoire tampon, c'est-à-dire, tels que nous avons établi pour le *Granulator* (voir paragraphe 6.4.1), ainsi chaque couleur, unique, sera également une référence identifiant la mémoire tampon correspondante dans les modules qui y font appel. Nous pouvons voir l'aspect de l'onglet pour les lectures des mémoires tampon dans la Figure 75.

Pour chaque mémoire tampon, nous avons introduit l'objet *Range* pour la sélection du morceau de l'échantillon que le musicien souhaite reproduire. L'option *lock* est disponible pour le glissement de la sélection dans l'ambitus de la durée de l'échantillon sonore. Nous avons mis également l'option de sélectionner tout le morceau par l'introduction d'un bouton (*Select all*) dont la fonction est d'élargir la sélection à la totalité du morceau. Les fonctionnalités pour l'enregistrement dans les mémoires tampon (et la possibilité de le faire en boucle) sont présentes ici aussi (bouton avec le cercle et bouton *loop*).

Nous avons ajouté toutes les fonctionnalités incluses dans l'interface du moteur sonore : l'allumage/extinction du module ; l'option de reproduction en boucle ; un potentiomètre rotatif pour la vitesse de lecture de l'échantillon avec des raccourcis pour les vitesses les plus utilisées (-2x, -1x, -0.5x, 0.5x, 1x et 2x) et le pourcentage de spatialisation du son (voir paragraphe 7.4.3).

Figure 75 – Interface gestuelle pour la lecture des mémoires tampon

Le potentiomètre pour la vitesse de lecture fait appel à des modèles physiques qui peuvent répondre à la vélocité du doigt sur le potentiomètre. Ainsi si le musicien glisse rapidement son doigt sur le bouton, le bouton continue à tourner selon la vitesse du glissement utilisé (fonction *mass-spring*). Ce module est exposé dans l'Exemple multimédia 17.[668].

Rappelons que nous avons inséré des boutons d'accès rapide pour l'allumage des effets à affecter au module audio. Pour les lecteurs d'échantillons, nous avons ajouté la

[668] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/O0xSb_oADTM

réverbération, le filtrage spectral, la transposition, la distorsion et le délai. Quand le musicien appuie sur un de ces boutons, le système crée la connexion correspondante dans la matrice et allume l'effet. Nous avons créé ces « raccourcis » pour pouvoir rapidement allumer et éteindre des modules audio sans passer par la matrice et le module audio à allumer. En effet, cela évite deux changements d'onglets et réduit le nombre d'appuis sur l'écran tactile. La conséquence immédiate est la possibilité d'intégrer les modules audio dans le jeu et donc dans le son immédiat. Un exemple similaire est par exemple une pédale de la guitare sur laquelle l'on appuie avec le pied. Pour les réglages des paramètres avec les potentiomètres de la pédale, il faudra les réaliser plus finement avec les mains.

7.5.8 *ZigPlay – lecture à vitesse variable*

Ce module a été inspiré indirectement du module L_dégénerateur de Lorenzo Bianchi, mais sans que nous ayons vu l'implémentation de Bianchi. En effet, lors d'une répétition d'*Unmapped*, Julien Vincenot a présenté à l'ensemble ce module et ces possibilités. L'idée de pouvoir créer des hétérophonies à partir d'un échantillon nous a attiré l'attention et nous avons décidé de créer un module similaire à celui de Bianchi.

Le fonctionnement de ce module est basé sur les possibilités de l'objet *zigzag~*[669]. Une fonction multi segment est créée pour définir la courbe à utiliser par l'objet. L'axe Y correspond à la position de lecture dans l'échantillon et l'axe X correspond à la durée de l'échantillon. L'inclinaison de chaque segment de ligne correspond donc à la vitesse de lecture dans cette partie de l'échantillon.

[669] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#zigzag~

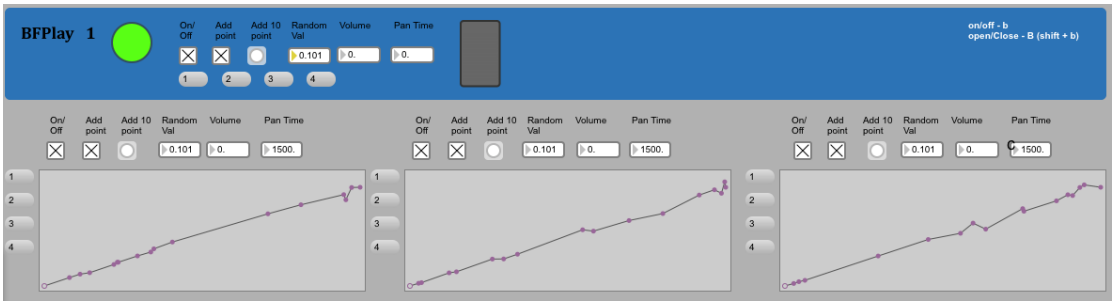


Figure 76 – Module ZigPlay

Comme l'objectif de ce module était de construire des hétérophonies à partir d'un même échantillon, nous avons créé trois instances du module. Il est possible de gérer les paramètres de chaque instance ou gérer les trois simultanément à partir des contrôles liés aux trois instances. Le musicien peut créer des courbes en ajoutant des points manuellement grâce à l'interface proposée ou ajouter automatiquement et aléatoirement. Le module est construit de façon à que l'échantillon soit reproduit en boucle avec la même fonction de vitesse de lecture ou avec l'option d'ajouter un nouveau point chaque fois que l'échantillon est relu. Si les points sont ajoutés automatiquement, ceux-ci varient selon une valeur définie par le musicien : le paramètre *random val* définit l'intervalle des points aléatoires dans la fonction. L'utilisateur peut ajouter manuellement dix points en une seule fois ou ajouter un seul point. L'utilisateur peut aussi éliminer individuellement des points directement dans l'interface (avec maj+clic) ou retirer un point aléatoirement avec la fonction *Remove point*. Quatre fonctions sont proposées en accès rapide : la lecture à la vitesse normale ; lecture à l'envers ; lecture à l'envers en vitesse doublée – le module lit donc deux fois l'échantillon à chaque itération de ; et à la vitesse quadruplée.

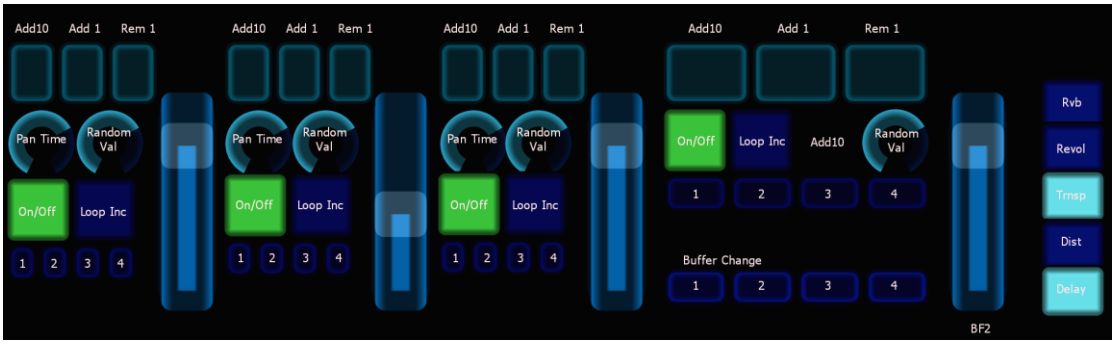


Figure 77 – Interface pour le module ZigPlay

Nous avons créé deux modules pour pouvoir reproduire deux échantillons en même temps. L'utilisateur pourra choisir et changer en temps réel un des quatre échantillons

définis dans l'interface principale. Un panel dans le module est dédié à ce choix pour le changement de la mémoire tampon. Quand l'utilisateur change de mémoire tampon les données relatives aux paramètres changent automatiquement, mais il n'est pas possible de changer de mémoire tampon sans provoquer des discontinuités dans le son, c'est-à-dire, sans avoir des clics. Le fonctionnement de ce module et le rendu sonore sont perceptibles dans l'Exemple multimédia 18.[670]

7.5.9 *Granulator – granulation*

Dans le Chapitre 6 nous avons expliqué le projet qui est à l'origine de ce module. Nous avons trouvé que le travail effectué lors de notre stage de recherche méritait d'être adapté à notre instrument d'improvisation non pas comme un module indépendant, mais plutôt comme une partie intégrante de l'instrument numérique. Pour cette incorporation dans *RJ*, nous avons dû faire plusieurs adaptations soit dans *Granulator* soit dans l'instrument *RJ*.

Pour rappel, *Granulator* contenait deux espaces de jeu avec des caractéristiques différentes et selon l'onglet où le musicien se positionnait, des modes d'expressivité différents. Pour notre instrument numérique *RJ*, nous avons inclus juste l'espace de jeu bleu avec toutes les modalités de jeu. L'exception est la pression des doigts qui n'existait que dans les versions de développement de *Lemur* que nous avions au GMEM. Dans notre version commerciale, cet attribut de l'objet *Multiball* n'existe pas, et par conséquent, nous avons enlevé ce paramètre. Nous avons considéré que l'espace de jeu jaune occuperait alors trop d'espace et nous avons donné la priorité à l'utilisation des deux mains pour d'autres actions dans la production sonore ou manipulation des paramètres en temps réel.

[670] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/sDzNas3O4NM

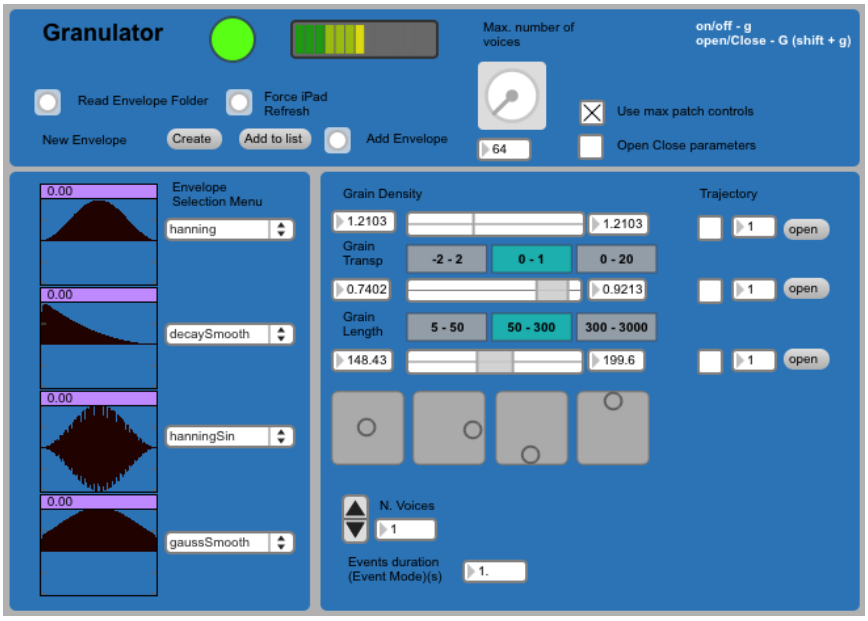


Figure 78 – *Granulator* simplifié pour l'instrument RJ

Nous avons élargi l'espace de jeu pour avoir plus de précision dans le choix des grains et comme nous verrons plus tard (paragraphe 8.4.1), nous pourrons avoir douze échantillons sonores comme sources possibles pour la granulation. Pour cela, un espace plus grand est nécessaire, de manière à avoir une notion plus fine de l'endroit et donc de l'échantillon que le doigt sélectionne.

Dans *RJ*, nous avons enlevé la possibilité de mémoriser les états du système et ainsi la gestion des *presets* n'est plus possible comme sur *Granulator*. Tous les paramètres doivent être manipulés en temps réel par le musicien. Une autre simplification que nous avons apportée fut l'accès aux options avancées. D'une part, nous avons considéré que, pour l'improvisation, le temps de réglages de ces options avancés était trop grand pour que cela soit fait dans le temps du jeu ; d'autre part, lors de l'intégration de *Granulator* nous avions intégré ces options avancées, mais son utilisation a été quasiment inexistante ce que nous a amené à enlever ces dites options. Pour compenser cela, nous avons facilité l'accès aux options avancées en incluant un raccourci à partir de l'interface principale du module de granulation dans le moteur sonore.

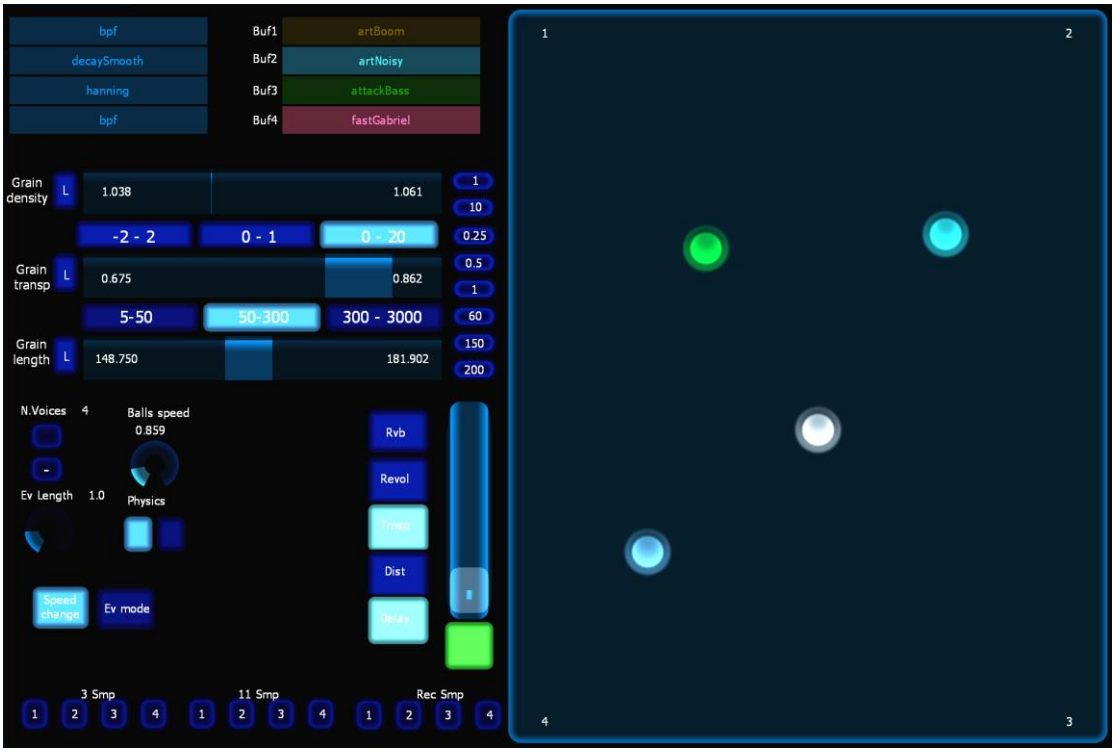


Figure 79 – Interface pour le granulateur.

La Figure 79 représente l'interface du granulateur dans l'interface gestuelle avec l'espace de jeu contenant quatre voix. Dans l'Exemple multimédia 19.[671], nous pouvons voir et écouter le granulateur de *RJ*

7.5.9.1 PlayMode1

Nous avons créé un onglet pour un espace commun de jeu pour ce granulateur et pour l'échantillonneur (*Keys*). L'idée de départ a été de pouvoir utiliser en même temps plusieurs modules de génération sonore. En effet, dans ce schéma avec les modules audio sur plusieurs onglets différents il s'avère parfois compliqué de composer le son avec des combinaisons de modules audio. Par exemple, si nous souhaitons utiliser le granulateur dans le mode évènementiel pour lequel l'interaction tactile est nécessaire, il est impossible d'utiliser en même temps un autre module de génération du son. Cet espace de jeu sert à combler cette faiblesse de l'interface en proposant un espace de jeu mixte dotée également d'une nouvelle approche pour la manipulation des paramètres.

[671] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/VnNIWnmNPH8

Nous avons créé un nouvel onglet avec les objets fondamentaux pour le jeu. Pour la granulation nous avons inclus l'espace de jeu tel que dans le granulateur, mais les paramètres ne sont pas modifiables par l'objet *Range*, mais par un autre objet *Multiball*. L'idée est de faire un *mapping* divergent où la balle de cet objet puisse contrôler plusieurs paramètres en même temps en n'utilisant qu'un seul doigt pour cette opération, au lieu de deux dans l'objet *Range*. Nous avons attribué la taille des grains et la transposition des grains à une balle et la densité à une autre balle qui agit juste sur un axe.

En même temps, nous proposons vingt espaces de déclenchement de l'échantillonneur (au lieu de trente-cinq) avec les mêmes modalités de jeu que dans l'onglet *Keys.*

Les espaces *Multiball* sont des « clones » des espaces de jeu *keys* et *Granulator.* Il n'existe pas de communication avec le moteur sonore à partir de ces espaces de jeu, mais des messages internes sont envoyés aux objets « clonés » pour que ceux-ci communiquent à leur tour avec le moteur sonore. De cette manière, nous évitons la création de nouveaux points de communication entre l'interface gestuelle et le moteur sonore et conservons les mêmes déjà existants. (Exemple multimédia 20.[672])

[672] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/OYw5UW2SVqo

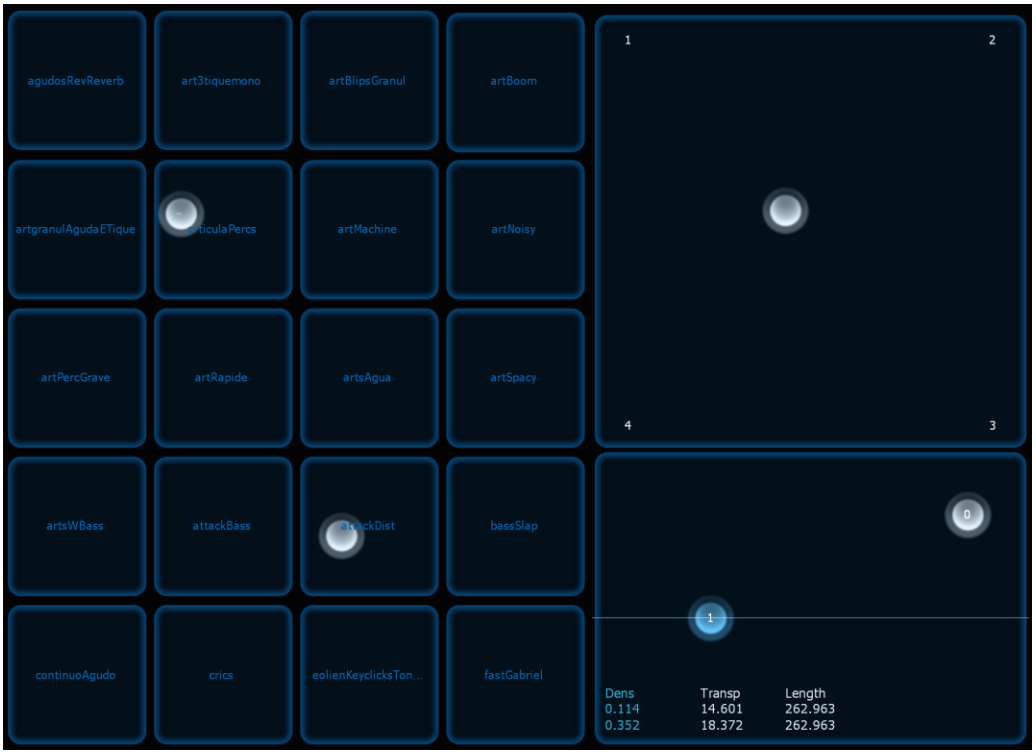


Figure 80 – *Play Mode1* – granulateur et échantillonneur

7.5.10 Keys – échantillonneur

Cet échantillonneur est né de la nécessité d'avoir une interface pour déclencher des échantillons sonores courts sans nécessairement les transformer. L'échantillonneur dont nous parlons dans le paragraphe 7.5.7 était pensé pour des mémoires tampon d'une durée plus grande, et avait un nombre limité d'échantillons simultanés. Par contre, nous pensons l'utiliser comme un clavier dans lequel chaque élément de l'échantillonneur correspond un son court et bien distinct des autres.

Nous pouvons connecter ce module de trente-cinq échantillons avec un système de gestion de sons similaire à celui dont nous parlons dans le paragraphe 6.5.5. La lecture des échantillons est assurée par l'objet *groove~*[673] et le fonctionnement est similaire à l'autre, mais le déclenchement des échantillons se fait à partir de l'interface gestuelle.

Nous avons choisi de lire les échantillons en boucle : à chaque fois que le musicien appuie sur l'écran, il lit l'échantillon à partir du point de lecture sur lequel

[673] https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html#groove~

l'échantillonneur s'est arrêté la dernière fois que le musicien a lâché son doigt de l'espace.

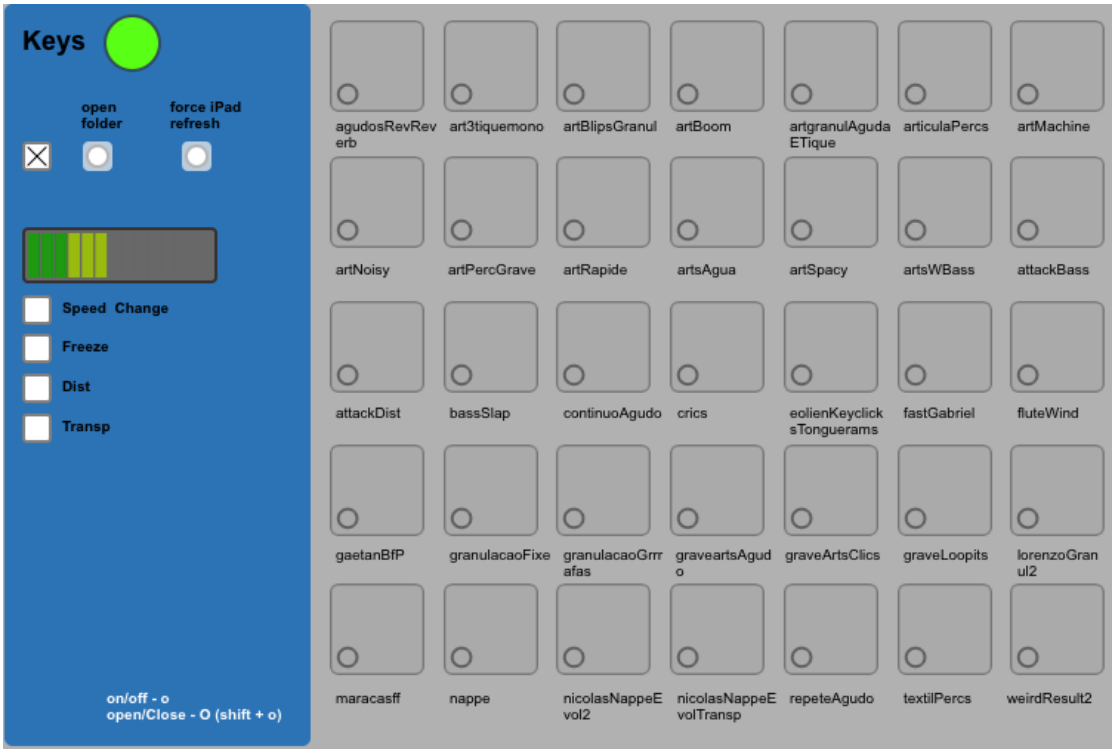


Figure 81 – Module échantillonneur (*Keys*).

Nous avons créé différents types de fonctionnement de l'espace de jeu. Dans le mode par défaut, au point de contact du musicien, deux paramètres sont cartographiés : l'axe X de l'espace de jeu correspond à la vitesse de lecture qui varie dans des proportions de 0.3 à 2.5 par rapport à la lecture normale, 1 étant la vitesse « normale » ; l'axe Y correspond à l'amplitude sonore de reproduction de l'échantillon

Dans un deuxième mode, nous avons ajouté l'utilisation de notre module de distorsion sur l'axe Y qui, de cette façon il donne une valeur d'amplitude plus grande au mode précédent (jusqu'à la saturation). Dans cette même logique, l'axe X permet de créer des harmonies par des transpositions superposées.

Nous avons ajouté la possibilité de faire des *freezes* au son global de ce module, pour cela, nous utilisons l'objet *livegranul~* aussi construit par le GMEM, et qui nous utilisons dans le module que nous détaillons également dans le paragraphe 7.5.6. Une petite mémoire tampon circulaire de 100 ms est utilisée pour conserver les derniers fragments du signal du module. Lorsque l'utilisateur active le *freeze*, ces 100 ms sont utilisés pour créer cet effet.

Encore une autre possibilité de ce module est la possibilité d'ajouter des voix à chaque échantillon. Cette fonctionnalité dérive du fait qu'il existe une limite physique dans la vélocité du musicien à toucher la surface. En effet, si le musicien tape rapidement la surface, cela pourra vouloir dire qu'il souhaite des sons de courte durée avec une haute fréquence d'émission du son. Cela nous fait rapidement songer à utiliser les grains d'un granulateur. Ainsi, pour accélérer un peu plus ce mode de jeu, nous avons ajouté des grains de l'échantillon pour le cas où le musicien a un toucher plus rapide qu'un certain seuil défini préalablement par l'utilisateur. L'Exemple multimédia 21.[674] montre son fonctionnement.

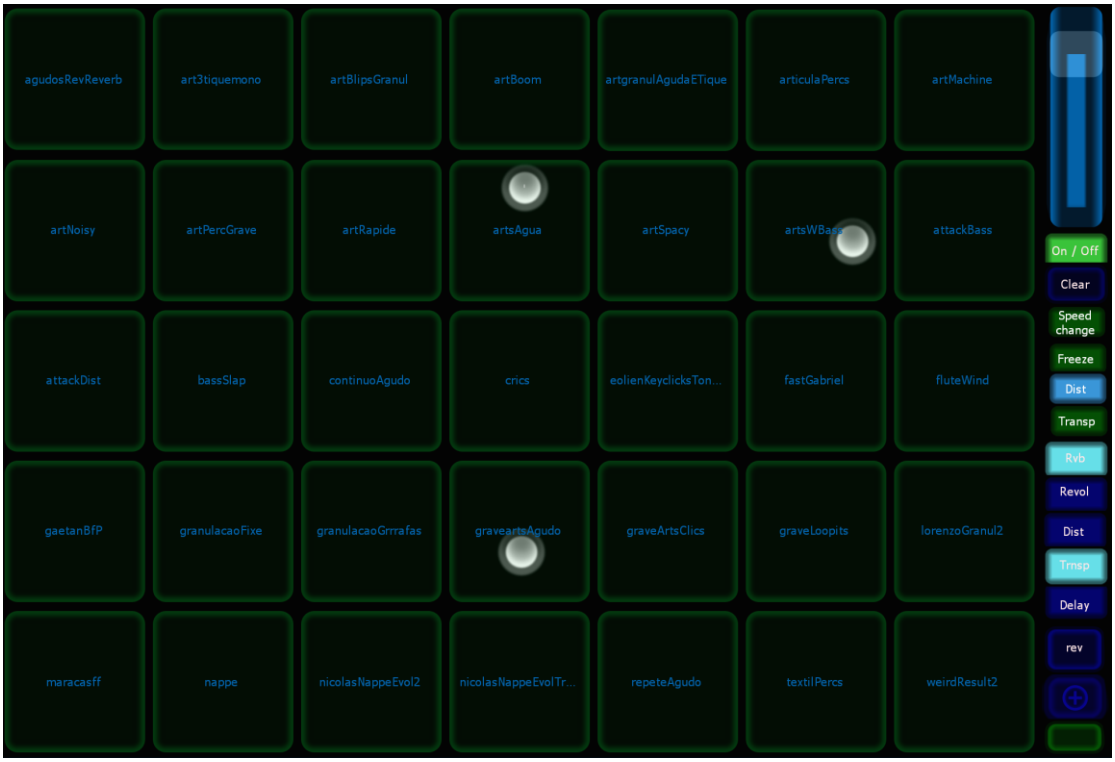


Figure 82 – Interface de *Keys* dans l'interface gestuelle.

7.6 Le signal audio comme contrôleur paramétrique

Dans l'improvisation avec les instruments numériques, comme nous l'avons déjà mentionné plusieurs fois, il est nécessaire de créer les conditions d'une liberté d'actions

[674] Visible en ligne sur la page https://youtu.be/n-lSLnJNyDQ

pour laisser l'espace à d'autres actions parallèles comme le réglage du son d'entrée d'un instrument, ou pour paramétrer un module audio. Dans ce but, nous prenons le cas du module *Granulator*, où nous avons introduit une option pour créer des trajectoires paramétriques automatiquement grâce à l'objet créé par J.B. Thiebaut. Le musicien a ainsi un espace de temps pour se concentrer dans un autre module. Toutefois, ce type de solution peut être considérée comme trop mécanique sans sa composante humaine qui effectivement caractérise le jeu instrumental.

Au cours de cette section, nous expliquons une autre méthode existant dans notre instrument pour créer des variations dans les paramètres, sans que l'instrumentiste numérique n'ait d'action directe dans celles-ci. Pour que cela soit réussi, le moyen que nous avons développé passe par l'analyse d'un signal audio et par l'extraction de ses propriétés temporelles ou spectrales (descripteurs audio). À partir de ces données prises en temps réel, les propriétés sont cartographiées dans les paramètres des modules audio.

Dans la Figure 83, nous pouvons voir comme est géré le signal audio à analyser. Nous avons choisi les modules audio de notre instrument qui génèrent le son : les quatre entrées sonores, le granulateur, le lecteur d'échantillons (*Players*), et l'échantillonneur (*Keys*). Dans le Tableau 3, nous pouvons voir dans la première colonne les signaux que le musicien peut choisir pour l'analyse ; dans la deuxième colonne, les descripteurs audio qui sont retirés de cette analyse ; la troisième colonne nous présentons les modules audio qui peuvent être contrôlés par le signal ; et la dernière colonne les paramètres que l'utilisateur peut alors manipuler.

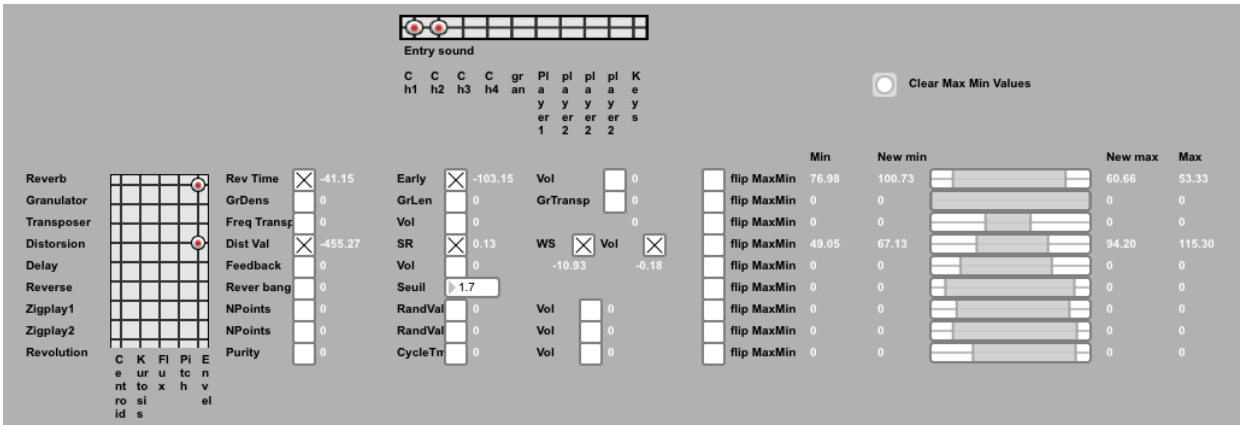


Figure 83 – Module pour l'analyse du signal

Le routage du signal audio est similaire à ce que nous avons présenté pour l'échange du signal audio entres les modules (voir paragraphe 7.4.2) À partir d'une *matrix~* nous

pouvons rediriger notre choix du signal audio vers cette analyse. Les descripteurs audio que nous avons choisis sont :

- l'enveloppe sonore – amplitude du son à chaque instant,
- la fréquence fondamentale (en valeurs MIDI),
- le centroïde spectrale – la clarté du spectre – est défini par la moyenne pondérée des fréquences où les poids sont les amplitudes (mises dans l'échelle entre 0 et 1) de la fréquence de chaque partiel à chaque instant,
- la planéité spectrale – mesure la proximité au bruit, ou inversement la proximité à la sinusoïde,
- le flux spectral. – calcule la différence d'énergie entre les fenêtres d'échantillonnage. Cela est une mesure de la percussivité d'un spectre.[675]

Ensuite, nous pouvons choisir dans quel module audio nous allons rediriger ces valeurs. Avec l'aide des objets *matrixctrl* et *router*, nous pouvons faire toute sorte de routages des données vers les modules audio. Le processus se termine par la conversion des données dans la gamme des valeurs comprises par chaque paramètre des modules audio. Dans la troisième colonne du Tableau 3, nous pouvons voir les modules qui peuvent être contrôlés par un signal audio.

Prenons comme exemple le son du granulateur qui émet des grains plus ou moins percussifs et plus ou moins bruyants selon la section de l'échantillon sonore de base. Les descripteurs audio qui pourront être intéressants à utiliser pour l'analyse des grains seront le flux spectral, qui nous dira combien le son est percussif, et la planéité spectrale, pour voir sa proximité au bruit. Ensuite, nous pourrons par exemple envoyer ces données au module de distorsion : la planéité spectrale définira combien de distorsion peut être affectée au son et le flux spectral sera appliqué à la spatialisation de ce module. Si le son est plutôt harmonique, nous pouvons décider qu'automatiquement lui sera ajouté une distorsion qui le rendra plus bruyant. Aussi quand le son est percussif, le son pourra faire plus rapidement des parcours dans l'espace et quand il est plus statique, le son sera spatialisé plus lentement.

Nous avons intégré plusieurs options de *mapping* des valeurs des descripteurs audio aux modules audio. Dans le tableau suivant, nous pouvons voir les possibilités pour ce

[675] Nous avons utilisé les objets pour l'obtention des descripteurs audio de la bibliothèque zsa décrite dans l'article suivant : Mikhail MALT et Emmanuel JOURDAN, « Zsa.Descriptors: a Library for Real-Time Descriptors Analysis », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'08*, juillet 2008, Berlin, Germany, pp. 134-137.

le lien entre les paramètres et les descripteurs audio.

Une dernière situation au cours de laquelle nous utilisons le signal audio pour contrôler des paramètres est dans la spatialisation du son créé par des modules audio. L'Exemple multimédia 22.[676] montre comment nous réalisons ce processus.

Signaux Audio à analyser	Descripteurs audio	Module audio	Paramètre
Entrées audio 1-4 Granulateur Lecteur échantillons 1-4 ZigPlay 1,2 Keys	Centroïde spectrale Planéité spectrale Flux spectral Hauteur Enveloppe	Réverbération	Temps de réverbération Premières réflexions Volume
		Granulator	Densité des grains Transposition Volume
		Transpositeur	Fréquence de transposition Intervalle de transposition Volume
		Distorsion	Distorsion Vélocité de spatialisation Taux d'échantillonnage Taille du mot (word size) Volume
		Delay	Feedback Volume
		ZigPlay	Nombre de points Ambitus d'aléatoire té des points Volume
		Spectral Filter	Pureté spectrale Temps de changement de tampon volume

Tableau 3 – Schéma des signaux audio et paramètres contrôlés

7.6.1 Spatialisation – algorithme boids

Nous avons inséré cet algorithme initialement dans la spatialisation, pour tester les possibilités de l'algorithme dans un système d'improvisation tel que le nôtre. Notre intérêt était de comprendre comment les émulations du vivant pouvaient fonctionner

[676] Visible sur la page https://youtu.be/JsXKhHYn9ag

dans le contexte musical.

L'algorithme *Boids*[677] implémenté par Eric L. Singer[678] dans *Max/MSP* basé sur le système créé par Craig Reynolds est un système virtuel du mouvement des animaux tels que les nuées d'oiseaux ou les bancs de poissons.

Chaque particule est attirée par un point dans l'espace – point qui est défini par l'analyse d'un signal audio en entrée. Chaque particule correspond à une instance de spatialisation du système et celles-ci sont générées et éliminées dynamiquement au fur et à mesure que les modules audio s'allument et s'éteignent. L'algorithme a plusieurs paramètres pour définir le comportement des particules et un réglage satisfaisant produit un bon résultat dans la spatialisation. Cependant, l'analyse du signal audio pourra ne pas être très variée. Prenons un exemple : le signal d'entrée est basé sur des fréquences tenues pendant une longue durée et nous évaluons précisément la fréquence pour calculer le point d'attraction des particules. Si l'attraction vers le point de référence est très forte, la spatialisation restera figée vers le point correspondant à la fréquence.

7.7 L'obsolescence, la disponibilité et la pérennité de l'instrument

Nous abordons ici la question de la pérennité de l'instrument et les stratégies futures pour que l'instrument soit facilement disponible et pour qu'il puisse être aussi actualisé.

À l'heure que nous écrivons ce texte, le moteur sonore de notre instrument est implémenté sur un *Macbook Pro* de la fin de 2011 avec le système opératif *Mavericks* de 2013. La carte mère et le disque dur interne ont été déjà remplacés, les deux liés à des problèmes de conception connus et identifiés par les constructeurs. Notre interface gestuelle a été implémentée sur un *iPad 4* avec la version 10.3.3 de l'*iOS* (*Apple Store* ne propose plus l'actualiser aux nouvelles versions à cause de l'incompatibilité avec le *hardware*). Le système opératif actuel de l'*Apple Macintosh* est le *Mojave* lancé en

[677] Craig W. REYNOLDS, « Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model », *SIGGRAPH Comput. Graph.*, août 1987, vol. 21, nº 4, pp. 25–34. Pour plus de détails sur ces algorithmes voir Craig W. REYNOLDS, « Not Bumping Into Things », http://www.red3d.com/cwr/nobump/nobump.html, consulté le 13 septembre 2018.

[678] « Site web personnel », *Eric Singer*, http://www.singerbots.com/bio, consulté le 5 septembre 2019.

2018. Plusieurs de nos logiciels ne fonctionnent pas avec les nouvelles versions du système opératif et c'est pourquoi nous avons fait le choix de conserver notre ancien système opératif. En conséquence, les applications ne sont plus supportées par les développeurs et des messages d'alerte nous sont envoyés fréquemment pour les actualiser.

Aussi, notons la fragilité des entreprises qui produisent les nouveaux logiciels et contrôleurs, qui finalement sont confrontés aux mêmes difficultés que les instruments numériques. L'application *Liine Lemur* est l'adaptation pour *iPad* du contrôleur *Lemur* de la compagnie *JazzMutant* qui a arrêté de le distribuer en décembre 2010. L'application a été vendue initialement à environ 50 € et puis elle a été réduite à 25 € quelques années plus tard. Ceci montre la difficulté de ces entreprises à maintenir les applications.

L'utilisation des outils comme l'ordinateur et *l'iPad* est en effet un couteau à double tranchant, car s'il est vrai que l'obsolescence est plus lente que pour des instruments numériques complètement nouveaux, c'est-à-dire sans plateforme préexistante (voir le paragraphe 4.9), l'évolution technologique provoquera sûrement son obsolescence. Notons aussi l'effort des compagnies pour l'obsolescence programmée et les mises à jour de ces plateformes qui provoquent le déclin des appareils[679] incitant fortement les utilisateurs à acheter des nouveaux modèles du produit.

Notre choix d'utilisation d'un *iPad* pour la construction de l'interface gestuelle de notre instrument numérique a effectivement eu comme motivation ces considérations. D'une part, nous pourrons utiliser la tablette pour d'autres activités au sein de la création musicale : l'utilisation à distance des DAW, la génération sonore avec de multiples applications construites pour l'*iPad*. D'autre part, l'*iPad* permet une utilisation pour d'autres activités parallèles à la création musicale : lecture des partitions, prises de notes lors des répétitions ou même pour des activités complètement externes. En effet, le choix d'une plateforme pour démarrer un travail de lutherie peut être délicat pour le

[679] Voir l'exemple du cas de l'Apple qui réduit la performance de l'iPhone pour accompagner le déclin naturel de la batterie du téléphone qui a résulté dans une plainte par l'association HOP (Halte à l'obsolescence programmé): Marc REES, « Obsolescence programmée : le point sur le dossier Apple en France », *Next Impact*, 23 avril 2018, https://www.nextinpact.com/news/106504-obsolescence-programmee-point-sur-dossier-apple-en-france.htm, consulté le 20 septembre 2018.

Après le médiatisation de cette nouvelle, Apple a explique sa démarche : « IPhone Battery and Performance », *Apple Support*, https://www.apple.com/iphone-battery-and-performance/, consulté le 20 septembre 2018.

propre musicien/luthier. Il peut s'avérer que l'instrument ne correspond pas aux besoins du musicien, et résulte en un échec par l'investissement financier et par le temps de programmation informatique. Le risque est moins fort dans le cas des plateformes existantes à usage multiple. Dans le cas des tablettes l'utilisateur peut utiliser la plateforme pour d'autres activités mêmes si, choisissant cette plateforme pour la lutherie numérique, elles deviennent plus tard obsolètes à ce dernier usage. Notons aussi que le nombre de développeurs de ces plateformes est nettement plus important.

Toutefois, il sera important de réfléchir à l'avenir de l'instrument quand ces plateformes/logiciels deviendront inévitablement obsolètes. Le remplacement par d'autres appareils/logiciels est une possibilité qui comporte ses risques. Par exemple, des alternatives à l'application *Liine Lemur* telles que le *TouchOSC*[680] ou le *MiniPad*[681] induisent une perte de la gestualité que nous avons programmée, car ces alternatives n'ont pas d'objets natifs similaires à ceux de l'application que nous avons programmés et ne permettent pas par conséquent une compatibilité à 100 % de notre programmation de l'instrument. D'autres alternatives plus lointaines et compliquées pourront être envisagées tel le logiciel Usine de la compagnie *SensoMusic* (seulement sous Windows[682]), l'application *iProcessing compiler* (développé par de particuliers) ou le *Codify*, mais qui n'ont pas de support pour le protocole *OSC*.

L'échange de messages entre l'application *Liine Lemur* et *Max/MSP* est réalisé avec le protocole *OSC* qui est suffisamment flexible pour pouvoir changer d'application sans devoir changer la programmation d'un côté au de l'autre. Il suffira de maintenir le format des messages et les adresses *OSC* qui sont définis dans les deux applications. En attente de la suite du protocole MIDI[683], le protocole *OSC* se dissémine dans les différents logiciels dédiés à la création musicale et aussi dans des capteurs qui peuvent envoyer directement des messages avec les spécifications du protocole *OSC*. Il est donc probable que le protocole *OSC* puisse survivre encore quelques années. Notons que le

---

[680] « TouchOSC », *hexler.net*, https://hexler.net/products/touchosc, consulté le 8 août 2019.

[681] « MidiPad 2 », http://midipadapp.com/, consulté le 25 août 2019.

[682] « Multitouch and Gesture info », *Usine Hollyhock Manual*, http://www.sensomusic.org/manual/en/patching/multi-touch, consulté le 29 août 2019.

[683] En janvier 2018 la MMA (MIDI Manufacturers Association) a presenté le protocole MPE (MIDI Polyphonic Expression) comme extension du protocole MIDI pour les instruments qui possedent plusieurs dimensions d'expressivité tells que le Seabord.

protocole MIDI a déjà 33 ans.

Nous pouvons trouver d'autres exemples d'utilisation des plateformes déjà existantes adaptées à la création musicale. Les outils créés pour les jeux vidéo sont parmi les cas plus utilisés : le joystick, la télécommande *Nintendo Wii*, les caméras *Kinect* ou plus récemment la *LeapMotion*. Pour que ces outils réussissent dans l'univers du jeu, il faut qu'ils soient flexibles et versatiles pour s'adapter à différents types de jeux. Le même type de cahier des charges doivent être utilisées dans la conception des instruments musicaux.

Le cas de l'adaptation des plateformes existantes est très intéressant, car le problème de la disponibilité est partiellement résolu. La construction de l'objet physique étant résolue, le luthier peut alors se concentrer totalement dans le *mapping* des données des capteurs du dispositif. Un exemple de ces interfaces est celui des jeux vidéo comme le joystick, la Wii, et puis les dispositifs de capteurs tels que la Kinect. Pour les mêmes raisons, les tablettes multitactiles deviennent aussi un champ d'investigation privilegié des constructeurs d'instruments numériques.

Le travail de développement de notre instrument dédié à l'improvisation ne s'est pas arrêté lors de l'écriture de ce texte. Nous avons poursuivi l'amélioration de certaines caractéristiques de notre instrument dans les mêmes conditions. Cependant, notre objectif futur passera très probablement pour l'abandon de la manière de développer. Nous ferons une réflexion sur les meilleurs chemins pour dépasser les problèmes identifiés dans ce paragraphe. Nous poserons la question de l'accès ouvert et l'intégration dans des communautés *DIY*, ayant pour objectif l'amélioration et la diffusion de nos outils à l'aide des communautés de développeurs. Nous reviendrons à ce sujet à la fin de ce texte.

Chapitre 8

Le développement d'un système d'intelligence computationnelle

En 2015 nous avons reçu une bourse pour un stage de recherche[684] d'une durée de deux mois dans le laboratoire NICS (Núcleo interdisciplinar de comunicação sonora)[685] à l'Université de Campinas au Brésil. Sous l'orientation des professeurs Tiago Fernandes Tavares et co-orientation des professeurs Stephan Schaüb et Rafael Santos Mendes, ce stage a eu comme sujet de recherche : « Usage d'outils d'intelligence computationnelle pour la performance de la musique électroacoustique[686] ». Cette période de recherche devrait répondre aux objectifs de la bourse : de promouvoir l'échange international de chercheurs au sein de l'université pour la réalisation des projets conjoints. Ainsi, de manière à développer également notre travail de recherche de doctorat, nous avons construit un projet avec les coordinateurs du stage pour intégrer la recherche des membres du NICS dans le développement des solutions pour des enjeux de l'improvisation avec des instruments numériques. Le travail dont nous étions inspirés pour le projet de recherche a été la recommandation des échantillons à partir d'un exemple sonore réalisé par Tiago Tavares et Jônatas Manzolli[687]. Ainsi le résumé de notre projet de recherche était le suivant :

> « Un sujet important dans l'improvisation électroacoustique est la manière dont le

---

[684] Bourse de recherche « FAEPEX internacional 2015 » de l'Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

[685] « Le NICS (Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora), en activité depuis 1983, a pour objectif principal la recherche sur de différents sujets ayant le son comme objet de contenu informationnel. Rassemblant des chercheurs de divers domaines de connaissances, axés sur les arts et les sciences, le NICS travaille dans le développement de projets interdisciplinaires visant à établir des relations entre la création musicale et la découverte de nouveaux modèles de production, de contrôle et d'analyse sonore. Depuis 1994, les recherches du Centre se sont concentrées sur la modélisation mathématique, la simulation computationnelle et la composition musicale, qui, combinées aux techniques modernes de traitement du signal numérique, ont favorisé la concentration de projets dans le domaine de la musique computationnelle. » (notre traduction) *in* « Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora », https://www.nics.unicamp.br/institucional/sobre-o-nics/, consulté le 1 octobre 2016.

[686] « Uso de ferramentas de inteligência computacional em performance ao vivo de música eletrônica » (notre traduction)

[687] Tiago Fernandes TAVARES et Jônatas MANZOLLI, « Query-by-Multiple-Examples: Content-Based Search in Computer-Assisted Sound-Based Musical Composition », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 2014, pp. 397-401.

répertoire d'échantillons sonores est utilisé lors des performances. Dans la conception de notre instrument, le musicien doit connaître ses échantillons (et le nom donné au fichier associé) lors de la performance pour choisir l'échantillon approprié et la section de celui qui l'intéresse. Ce système pose certaines difficultés, car dans la tension de la performance, il peut être problématique de se rappeler quel est le bon échantillon. Nous souhaitons trouver une solution à ce problème au laboratoire NICS par le biais de modèles de recommandation du ou des échantillons par le système en fonction des caractéristiques internes du son. Le musicien peut alors choisir l'échantillon qui lui convient le mieux en fonction des recommandations du système. En explorant ce principe, on peut penser à ordonner les échantillons en fonction des descripteurs audio afin de permettre à l'utilisateur de réaliser des progressions sonores[688]. »

Dans les prochains paragraphes, nous allons présenter les aspects fondamentaux de la *Music information retrieval* et plus concrètement de la recommandation automatique d'échantillons sonores et ensuite nous allons exposer le projet développé au sein du NICS pour que notre instrument numérique soit doté d'un système de recommandation. Nous allons présenter le travail réalisé par Tiago Tavares : le *PyMIR (Python Music Information Retrieval)* et comment nous l'avons intégré à notre instrument numérique pour que le système de recommandation des échantillons soit fait en temps réel.

8.1 La récupération d'informations musicales

Au cours des dernières années, les systèmes MIR (Music Information Retrieval) ont été développés à grande échelle, car ils fournissent de nombreuses applications musicales dans différents domaines. Les projets utilisant l'extraction basée sur le contenu des échantillons audio peuvent s'étendre à :

- identification musicale
- gestion des droits, détection du plagiat
- gestion des versions multiples

[688] « Um tema importante na improvisação eletroacústica é a forma como é utilizado o repositório de amostras sonoras durante a performance. Na forma como está concebido o nosso instrumento, o músico tem de conhecer bem as suas amostras (e o nome dado ao ficheiro associado) para durante a performance escolher a amostra adequada e a secção desta que lhe interesse. Este sistema acarreta algumas dificuldades pois na tensão da performance, recordar-se qual a boa amostra pode ser problemático. Pretendemos encontrar uma solução a este problema no NICS através de modelos de recomendação da(s) amostra pelo sistema segundo as características internas do som. O músico poderá então escolher a amostra que lhe convém melhor conforme a recomendação do sistema. Explorando este princípio, poderemos pensar em realizar ordenações das amostras com base nos descritores de modo a possibilitar ao utilizador progressões sonoras", (notre traduction).

- extraction et récupération de la mélodie
- reconnaissance de l'instrument
- identification de l'artiste ou du compositeur
- systèmes de recommandation
- transcription automatique de la musique
- style, humeur, détection de genre
- segmentation musique-parole
- génération de musique[689]

Une partie importante de la recherche dans ce domaine est l'extraction automatique des descripteurs audio avec de l'information sur le contenu et contexte. Ces descripteurs sont ensuite utilisés pour comparer des échantillons sonores, des pièces musicales selon des critères définis par l'utilisateur. Différentes nouvelles approches et méthodes de récupération de l'information des échantillons audio ont été proposées. Un exemple est le projet présenté par Miles Thorogood, Philippe Pasquier et Arne Eigenfeldt[690] qui montre que les systèmes de récupération d'informations musicales constituent un bon choix pour trouver des échantillons audio adéquats pour la composition des paysages sonores. Leur projet recommande des échantillons de bases de données en ligne en fonction de leurs caractéristiques sonores et de leurs métadonnées.

8.2 La recommandation automatique d'échantillons

Les systèmes de recommandation sont présents dans plusieurs situations du quotidien : dans une bibliothèque, des livres sur une thématique d'actualité sont mises « à la une » ; dans un journal en ligne, nous avons souvent des rubriques de suggestion sur le même contenu[691], ou dans un calendrier d'événements nous avons les événements sur le même sujet[692], ou dans les portails de ventes tels qu'Amazon ou Ebay des recommandations

---

[689] José Alberto Sousa GOMES, *Composing with Soundscapes : Capturing and Analysing Urban Audio for a Raw Musical Interpretation*, Thèse de doctorat, Universidade Católica Portuguesa, 2015, p. 67,68.

[690] Miles THOROGOOD, Philippe PASQUIER et Arne EIGENFELDT, « Audio Metaphor: Audio Information Retrieval for Soundscape Composition », *Proceedings of the 9th Sound and Music Computing conference, SMC'12*, 1 juillet 2012, Copenhagen, Denmark, pp. 372-378.

[691] Par exemple sur "La Provence" https://www.laprovence.com/ à la fin des articles nous avons la rubrique "lire aussi" avec des articles bases sur des mots clés

[692] Nous étions le chef du projet pour le système recommandation sur le calendrier des SHS de la plateforme OpenEdition: https://calenda.org/442935?lang=fr, des recommandations sur le même thème dans les autres plateformes sont affichés dans une colonne dédiée.

sur des produits similaires sont proposées aux consommateurs. L'objectif est d'aider l'utilisateur à trouver des informations similaires sur les sujets qui l'intéressent, mais aussi de mener le consommateur à faire plus d'achats dans le cas des plateformes de vente de produits, ou de maintenir le visiteur d'un site dans leur plateforme pour gagner avec les contrats publicitaires.

Dans la musique, l'intérêt et développement des stratégies de recommandation de la musique sont visibles à partir des années 2000. Les conférences ISMIR (*International Society for Music Information Retrieval*) débutent dans cette année avec une croissance au cours des années d'articles dédiés aux systèmes de recommandation. La disponibilité actuelle des millions de pistes de musique dans les plateformes digitales rend nécessaire le développement de stratégies pour la découverte des pistes de musique selon certains critères définis par l'utilisateur ou les plateformes. Effectivement, devant cette panoplie abyssale de musique, les consommateurs tendent à choisir toujours les mêmes artistes et les mêmes pistes sans qu'une grande partie d'autres pistes entrent dans leur radar[693]. La finalité des systèmes de recommandation des musiques est d'aider l'utilisateur et l'industrie de la musique à trouver des pistes qui leur puissent les intéresser. L'intérêt de l'industrie discographique de filtrer cette grande quantité de musique et de faire des suggestions qui intéressent les deux parties est énorme, car le retour financier peut dépendre de ceci. Nous pouvons le confirmer avec le concours que Netflix a lancé en 2006 avec un prix d'un million de dollars à ceux qui réussissent à améliorer son système de recommandation de films[694].

Nous pouvons trouver plusieurs méthodes de recommandation basée sur les préférences de l'utilisateur : filtres démographiques, filtres collaboratifs, filtres basés dans le contexte, filtres basés dans le contenu et des méthodes hybrides.[695] Nous sommes

---

[693] Dans sa thèse Òscar CELMA HERRADA, nous donne ces données : « On the music side, the 2007 "State of the Industry" report by Nielsen SoundScan presents some interesting information about music consumption in the United States (Soundscan, 2007). Around 80,000 albums were released in 2007 (not counting music available in Myspace.com, and similar sites). However, traditional CD sales are down 31% since 2004 – but digital music sales are up 490%. Indeed, 844 million digital tracks were sold in 2007, but only 1% of all digital tracks accounted for 80% of all track sales. Also, 1,000 albums accounted for 50% of all album sales, and 450,344 of the 570,000 albums sold were purchased less than 100 times. » *in* Òscar CELMA HERRADA, *Music recommendation and discovery in the long tail*, thèse de doctorat, Barcelona, Universitat Pompeu Fabra, 2009, p. 12.

[694] *Ibid.*

[695] Pour une description détaillé de ces méthodes noue renvoyons le lecteur au chapitre 2.5 de la thèse Òscar CELMA HERRADA, *Music recommendation and discovery in the long tail*, *op. cit.*

intéressés aux systèmes de recommandation basés sur le contenu, car le système que nous décrivons ici propose des recommandations à partir du contenu des échantillons sonores.

Comme exemple de système de recommandation basé sur le contenu des musiques, considérons le projet développé par Martin Gasser ; Arthur Flexer[696] pour la radio publique Autriche FM4. Le système propose des pistes de musique basées sur le contenu sonore au lieu des meta-données insérées par les utilisateurs ou par le nombre de reproductions de la piste. Cela résulte dans un traitement égal de toutes les pistes de musique indépendamment de l'auteur, date de la pièce, etc. Une conséquence positive immédiate est que les musiques moins populaires ont l'opportunité d'être plus écoutées et découvertes par d'autres utilisateurs.

8.3 PyMIR – Python Music Information Retrieval

Le *PyMIR* est le moteur permettant de proposer des recommandations des échantillons sonores de la base de sons à partir des requêtes de l'utilisateur. Comme le nom du système l'indique, il a été conçu dans le langage de programmation Python avec l'ajout de plusieurs bibliothèques de fonctions dédiées à la manipulation sonore.

Pour la recommandation des échantillons, le système nécessite deux sources d'informations : les échantillons sonores fournis par l'utilisateur qui serviront d'exemples des caractéristiques sonores recherchés pour les requêtes au système ; le répertoire de sons stockés dans l'ordinateur duquel le système répondra avec la recommandation des échantillons les plus proches des caractéristiques demandées.

Le système fonctionne de la manière suivante : dans le but de trouver des échantillons sonores avec certaines caractéristiques, l'utilisateur donne des exemples sonores avec ces caractéristiques qu'il cherche. Le système contient une base de données avec les descripteurs audio (*audio features*) des échantillons sonores de son répertoire de sons et lors de la requête de l'utilisateur, le système compare les descripteurs audio des exemples fournis avec celles de sa base de données. Il rend à l'utilisateur les

[696] Martin GASSER et Arthur FLEXER, « FM4 Soundpark: Audio-Based Music Recommendation in Everyday Use », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'09*, janvier 2009, Porto, Portugal.

échantillons avec les caractéristiques recherchées les plus proches de celles qu'il a fournies.

Pour chaque échantillon sonore du répertoire du système, le système extrait les descripteurs audio et crée un vecteur de ceux-ci que lui est associé. Celui-ci sera stocké dans une base de descripteurs audio. Les caractéristiques acoustiques extraites des échantillons sonores sont indiquées dans le Tableau 4. Dans cette base de descripteurs audio sont aussi calculées et conservées la moyenne et la variance pour donner une idée du comportement général de ces descripteurs audio. Il est aussi calculé la pente (*slope*) et l'emplacement temporel des valeurs maximales et minimales des descripteurs pour avoir une notion de l'évolution des descripteurs dans la durée de l'échantillon.

Feature	Description
Energy	Sum of the squared values of $X_q[k]$. Indicates how loud the frame is.
Spectral centroid	Centroid of $X_q[k]$. Correlates with the brightness of the frame.
Spectral roll-off	Frequency above which there is less than 15% of the energy of a frame.
Spectral flatness	Indicates how close the frame is to white noise.
Mel-Frequency Cepstral Coefficients	Vector representation of audio textures, inspired in cochlea models.

Tableau 4 – Caractéristiques audio calculées pour la création de la base de caractéristiques audio.

Pour que le système recommande les échantillons avec les caractéristiques que l'utilisateur cherche, le système crée des modèles de requêtes pour détecter ces caractéristiques sonores. Le modèle attribue une valeur à chaque élément de la base de descripteurs et l'élément avec la valeur la plus haute sera l'échantillon avec les caractéristiques souhaitées. Les modèles implémentés dans *PyMIR* sont : *Minimum distance (MD), Minimum Mutual Distance (MMD), Naive Bayes (NB), PCA-Bayes.*[697] Les auteurs ont créé plusieurs modèles pour calculer la proximité entre le vecteur de descripteurs audio de l'exemple et ceux de la base de données, car chaque modèle a ses particularités et les résultats dépendent de l'appréciation de l'utilisateur. Il n'est donc pas possible de conclure qu'un modèle fonctionne meilleur que l'autre.

[697] Nous renvoyons le lecteur à l'article pour une description plus détaillé des méthodes de requêtes : Tiago Fernandes TAVARES et Jônatas MANZOLLI, « Query-by-Multiple-Examples », *op. cit.*, p. 2.

8.4 Description de l'interface utilisateur

Dans notre instrument numérique, nous avons dédié un panneau de l'interface principale du moteur sonore pour la recommandation des échantillons sonores. Pour notre système, les paramètres que l'utilisateur peut choisir sont les différentes méthodes de recommandation, une liste d'options prédéfinies de descripteurs audio. Nous avons effectué des tests (voir paragraphe 8.8) avec les différentes méthodes de requête et les résultats que nous avons trouvé les plus pertinents ont été ceux avec la méthode PCA-Bayes. Pour cela nous n'avons pas intégré la possibilité de choisir la méthode de requêtes dans l'interface principale.

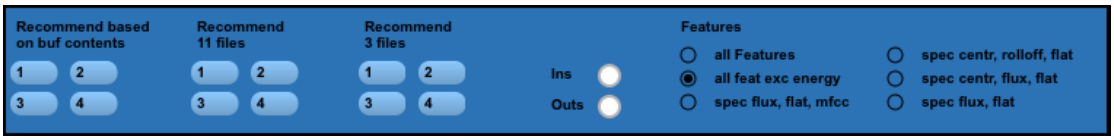


Figure 84 – interface utilisateur avec la liste des descripteurs audio à choisir

Comme ce système est basé sur une méthode de requête par l'exemple (*query by example*), nous fournissons trois façons de produire cet exemple nécessaire pour demander au système les échantillons sonores les plus proches. L'exemple, un échantillon de son, peut être un son précédemment enregistré (un fichier son chargé dans le système – boutons 1 à 4 dans la figure), un son d'entrée (un instrument branché à la carte son – bouton *Ins* dans la figure), ou le son de sortie principale globale (le son de sortie résultant de l'improvisation – *Outs* dans la figure).

Dans le premier cas, le fichier son est chargé dans l'une des quatre mémoires tampon que l'instrument a pour l'accès rapide. Le contenu de ces tampons peut être remplacé en temps réel par les différents échantillons sonores de l'ensemble de données avec l'objet *polybuffer~*. Cette fonctionnalité du système permet le changement en temps réel des fichiers son via la recommandation du système. L'utilisateur peut choisir un de ces quatre tampons comme exemple pour la recommandation en appuyant sur l'un des boutons du tampon correspondant (1-4 dans la figure).

Lorsqu'on utilise ces tampons comme exemple de requête, l'utilisateur a deux choix : donner le fichier audio chargé ou un nouveau son enregistré. Dans le premier cas, l'utilisateur choisit quel tampon doit être l'exemple et *Max/MSP* envoie le nom du fichier et le nombre de recommandations souhaitées. Comme l'échantillon faisait déjà

partie du répertoire de sons du système, ceci possède déjà son vecteur de descripteurs audio et la requête est immédiate. Si l'utilisateur accepte la recommandation, le système remplacera les trois autres tampons par des échantillons audio recommandés. Dans le cas contraire, l'utilisateur peut modifier la méthode de recommandation et/ou les fonctionnalités à évaluer, puis répéter la procédure.

Le second cas, un nouvel échantillon enregistré, est plus complexe, car le système ne possède pas le vecteur de descripteurs du contenu de la mémoire tampon. L'échantillon est ajouté au répertoire de sons du système, mais le vecteur de descripteurs n'est pas automatiquement calculé. Lors de la demande d'une recommandation basée sur ce nouveau contenu audio, *Max/MSP* envoie l'information pour calculer le vecteur de ce nouvel échantillon ; *PyMIR* fait ce calcul et l'ajoute à la base de données des vecteurs. Quand ce vecteur est ajouté à la base de données de vecteurs, le comportement du système est similaire à celui du premier cas. L'utilisateur peut enregistrer en continu le son dans le tampon (mode de boucle d'enregistrement) et il peut recommencer la procédure autant de fois qu'il le souhaite. Chaque fois que l'utilisateur demande une recommandation basée sur ce tampon, le vecteur de caractéristiques est actualisé avec ce nouveau vecteur.

Lorsqu'on interroge le système avec le son d'une entrée du système comme exemple (en appuyant sur le bouton « ins » bang), le processus est similaire au second cas expliqué pour les mémoires tampon, mais au lieu de l'ajouter à la base des caractéristiques spectrales, il ajoute juste un petit échantillon (200 ms[698]) pour réaliser la comparaison. Dans ce cas, il renvoie quatre échantillons et les quatre tampons sonores sont remplacés par les échantillons recommandés. L'échantillon court utilisé comme exemple est ensuite effacé de la base de données. Cela permet aux tampons de s'adapter au son d'entrée.

Enfin, l'utilisateur peut vouloir adapter les tampons au son résultant (en appuyant sur l'« Outs » bang). Le processus est le même, mais la source de l'échantillon est la sortie principale.

[698] Nous avons comparé les recommandations données par le système avec plusieurs durées d'échantillon exemple et les 200ms étaient la durée minimale pour que les résultats fussent acceptables.

Toute la plateforme d'improvisation a accès à ces quatre mémoires tampons audio, et les échantillons sonores associés peuvent être joués et manipulés par différents effets en recâblant le signal audio aux différents modules d'effets. Néanmoins, le système de recommandation mis en œuvre visait principalement à être utilisé dans le module de granulation et dans l'échantillonneur dont nous avons parlé dans les paragraphes 7.5.9 et 7.5.10 respectivement.

8.4.1 Recommandation des échantillons pour la granulation

Nous avons exposé le fonctionnement du granulateur dans les paragraphes 6.5 et 7.5.9. Les boutons 1-4 sur l'espace de jeu bleu correspondent aux requêtes de recommandation par le contenu de la mémoire tampon. Nous avons construit deux types de requêtes dans ce module qui se différencient par le nombre de résultats du système. L'idée de base est que lorsque le musicien est en train de générer des grains à partir d'un échantillon sonore, il pourrait avoir envie d'avoir des sons similaires pour l'aider dans la composition du son. Ainsi, lorsque l'utilisateur demande trois échantillons, le système fonctionne comme décrit précédemment, mais il remplace les autres échantillons de l'espace bleu.

La demande de recommandation des onze échantillons (voir Figure 84) est destinée à être utilisé exclusivement avec le module de granulation, car notre système de granulation a la capacité *multibuffer* (nous rappelons que la base de sons est synchronisée avec le granulateur afin d'accéder aux mêmes sons).

L'idée principale de cette implémentation dans le granulateur est de permettre à l'utilisateur de créer des parcours de similarité à travers la granulation des douze échantillons. Dans la Figure 85, nous pouvons voir comment les tampons sont distribués sur la zone de jeu. Chaque cercle représente un échantillon sonore : dans la figure à gauche, les cercles de 1-4 restent dans la même position avec la même fonction de probabilité et les autres huit échantillons sont ajoutés à la fonction de probabilité ; dans la figure à droite, la probabilité des douze échantillons est la même et les échantillons sont placés séquentiellement. L'objet *nodes* de *Max/MSP* est cartographié dans la zone de jeu qui indique à partir de quel tampon les grains seront récupérés. Sur la figure, nous pouvons voir un chemin de similarité circulaire, mais d'autres configurations de ces chemins de similarité sont disponibles pour le choix en temps

réel.

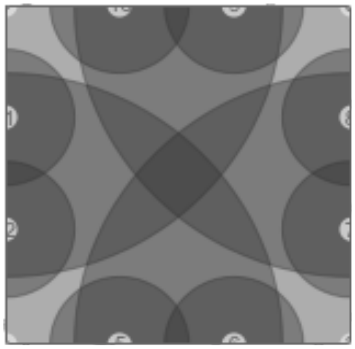


Figure 85 – Distribution des nœuds pour la position des échantillons dans l'espace de jeu.

8.4.2 Recommandation des échantillons pour l'échantillonneur

Dans ce module, dont nous avons expliqué le fonctionnement dans le paragraphe 7.5.10, la seule information sur l'échantillon dans les « touches » du module est le nom du fichier qui peut être plus ou moins descriptif de son contenu audio, ou peut être juste un ensemble de caractères.

L'idée de base de ce module est de donner au musicien des informations adaptatives sur la proximité spectrale des sons stockés dans ce module au signal sonore instrumental couplé au système. Par exemple, si un flûtiste joue avec nous, le système doit être capable de nous dire quels sont les échantillons plus similaires aux caractéristiques audio du son de la flûte. Cette proximité spectrale est traduite dans un schéma de couleur : les touches avec des couleurs plus vives seront les plus proches du son du musicien et celles avec des couleurs plus sombres seront plus éloignées. Le musicien numérique peut rapidement adapter son mode de jeu au son de son partenaire.

Cet échantillonneur avait déjà la possibilité d'ajouter des échantillons sonores en copiant dans une mémoire tampon le son d'entrée du système et en fusionnant à la base de sons en temps réel. Avec l'implémentation de la requête sur l'exemple à notre système, à la fonctionnalité décrite nous avons ajouté la possibilité d'obtenir le vecteur des descripteurs audio et l'ajouter à la base de données des descripteurs audio (de manière analogue à celle que nous avons expliqué dans le paragraphe 8.4). Cette fonction est appelée lorsque l'utilisateur fait une requête au système, après avoir ajouté l'audio au jeu de données audio. Au lieu de demander un nombre fixe d'échantillons

comme effectué avec le module de granulateur, nous demandons dans ce module le nombre total d'échantillons dans la base de sons. Le résultat sera la distance de proximité entre le nouvel échantillon et tous les échantillons du répertoire de sons. Nous associons alors une gamme de couleurs reflétant cette proximité vectorielle. Sur la Figure 86, nous pouvons voir comment il est représenté après avoir ajouté un nouveau son et avoir demandé la recommandation. Les quatrième et cinquième touches de la première ligne (de gauche à droite) sont les plus proches des échantillons avec un bleu vif et les deuxième et troisième sont les plus éloignés. La gamme de couleurs est efficace, car celle-ci ne change pas les habitudes du musicien qui sait où se trouvent les échantillons dans le module, mais ne fonctionne pas pour les personnes daltoniennes qui ne font pas la distinction entre les couleurs.

Figure 86 – Module *Keys* avec les couleurs représentant la proximité à l'exemple donné

Nous avons essayé des solutions similaires à celle utilisée dans le module de la granulation, où les échantillons changeraient de position en fonction de la distance entre ses vecteurs de descripteurs, mais cette option en temps réel n'est pas acceptable, car l'échantillon peut changer de place pendant que nous le reproduisons.

8.5 Le backend

Le *backend* est responsable pour le travail en différé de création des bases de vecteurs de descripteurs audio à partir du répertoire de sons du musicien. Pendant la performance il est responsable pour le calcul et l'actualisation de la base de vecteurs. Il interagit avec le serveur pour répondre aux sollicitations de l'utilisateur avec les échantillons sonores demandés.

Dans notre instrument numérique, nous avons prédéfini des configurations de descripteurs audio pour la comparaison avec le vecteur des échantillons. Nous pouvons voir cette liste de configurations sur le menu d'options de la Figure 84. Cela permet à l'utilisateur de choisir quelles caractéristiques spectrales seront évaluées pour la recommandation des échantillons. Lorsque l'utilisateur change son choix des caractéristiques spectrales pour la recommandation, le backend bascule le pointeur vers la base de données contenant les vecteurs de descripteurs choisis, de sorte que les recommandations sont faites à partir de ce vecteur désiré. Ainsi, dans le travail différé de création de base de vecteurs, en réalité, le backend créé les six bases de vecteurs correspondant à chaque configuration de descripteurs audio.

Une fois la base de données des descripteurs audio est définie par le choix de la configuration des descripteurs, le serveur attend que l'utilisateur envoie les requêtes au modèle qu'il a créé. Basé sur la méthode de recommandation, des caractéristiques spectrales choisies et des exemples sonores fournis par l'utilisateur, le backend recommande un nombre déterminé (défini par l'utilisateur) d'échantillons audio.

8.6 L'intergiciel

L'intergiciel est responsable d'interpréter les requêtes des utilisateurs et de les traduire afin de les envoyer au *backend*.

Lorsque nous lançons l'intergiciel, il attend l'arrivée des requêtes de l'utilisateur via le message *OSC* de *Max/MSP*. Une fois qu'un message d'utilisateur arrive sur le serveur, il analyse ce message, complète les arguments pour les messages compris par le *backend* et les envoie à ce dernier.

Les arguments des messages sont : le nombre d'échantillons à inclure dans la réponse l'échantillon d'exemple et les caractéristiques spectrales. Comme mentionné précédemment, l'utilisateur peut demander trois, quatre ou onze échantillons de recommandations en fonction de la source de l'exemple.

L'intergiciel est également responsable de donner des instructions au *backend* pour l'ajout de nouveaux échantillons à la base de données lorsque l'utilisateur demande des recommandations basées sur le son des mémoires tampon (en l'enregistrant à partir du

son d'entrée ou à travers le routage des effets) ou basées sur le son général de sortie.

Une fois que le *backend* renvoie les résultats, l'intergiciel prépare le message *OSC* avec la réponse de la requête et le renvoie à l'interface utilisateur.

8.7 La gestion des échantillons sonores

La fonction principale du gestionnaire de la base de sons est de charger l'ensemble d'échantillons sonores dans le système pour la performance d'improvisation musicale. Nous avons expliqué son fonctionnement dans le paragraphe 7.4.

Avec l'implémentation de ce système de requête par exemple dans cet instrument, d'autres fonctions ont été ajoutées à ce gestionnaire de base de données. Ce gestionnaire a désormais la fonction de préparer les messages à envoyer au serveur *OSC* et de gérer les réponses du *backend* envoyés par le serveur *OSC*.

Lorsque l'utilisateur charge un ensemble d'échantillons sonore dans notre instrument numérique, un message est envoyé au serveur avec la liste de noms de fichiers de ces échantillons. Cette liste est stockée dans le serveur pour une manipulation postérieure lorsque des requêtes de recommandations sont effectuées.

Lorsque l'utilisateur demande une recommandation, ce gestionnaire prépare un message avec les informations suivantes pour envoyer au serveur : le nom du dossier, l'exemple sonore, le nombre de recommandations et la base de données des caractéristiques à interroger. Le serveur répond avec les recommandations et le gestionnaire remplace les paramètres de *bufGranul~* avec les échantillons que le *backend* a suggéré.

Dans le cas de l'ajout de nouveaux échantillons dans la base de données, le serveur envoie un message confirmant que ces nouveaux échantillons ont été ajoutés avec succès. Après avoir reçu cette confirmation, le gestionnaire de base de données demande le nombre de recommandations souhaitées en fonction de ce nouvel échantillon ajouté à la base de données d'entités.

8.8 Application et évaluation de l'instrument

Pour tester ce système de recommandation, nous avons utilisé un *MacBook Pro* de la fin de 2011 avec un processeur *Intel Core i7* de 2,2 GHz, avec 8 Go de mémoire *RAM* et un disque dur *SATA* de 500 Go, pour l'interface gestuelle nous avons utilisé un *iPad* 4 avec iOS 9.1.

La taille des quatre mémoires tampon audio utilisés pour enregistrer le son d'entrée est définie par l'utilisateur. L'échantillon temporaire utilisé pour capturer le geste musical du son d'entrée ou du son général de sortie est de 200 ms. Sur le module échantillonneur, la mémoire tampon a une durée de 2000 ms, car nous avons trouvé que ce serait important de capturer l'idée musicale et de pouvoir la reproduire.

Ce système a été testé dans une situation de performance d'improvisation avec notre instrument numérique et une flûte ; et dans des sessions de répétition d'improvisation avec le duo *Electrologues* formé par notre instrument numérique et une basse électrique. Dans les deux cas, la base de sons était composée de différents types d'échantillons audio afin d'englober différentes caractéristiques spectrales. Pour ces sons, dans la première situation, nous avons ajouté quelques extraits d'improvisations de flûte et quelques effets de flûte (ou techniques étendues de flûte) à l'ensemble de données sonores afin d'adapter l'instrument numérique à la sonorité de la performance. Dans le second cas, nous avons ajouté les gestes sonores de la guitare basse pour les mêmes raisons. Cet ensemble de données permettrait à l'interprète numérique de stimuler le joueur instrumental avec différents types de matériel sonore, et d'accompagner leur mode de jeu musical.

Au cours de ces performances, nous avons voulu tester les différentes fonctions que nous avons expliquées précédemment et leur intérêt à les appliquer sur une situation de performance, c'est-à-dire si le son de l'instrument peut contribuer à la réussite d'un système de recommandation en temps réel, au moment de la performance.

Afin de tester cela, pour la situation de performance avec le flûtiste, nous avons utilisé les caractéristiques suivantes : flux spectral et planéité spectrale (spectral flatness). Le but était d'évaluer si le système pouvait recommander des échantillons basés sur le bruit et le degré de percussivité des modes de jeu du flûtiste : s'il produisait des effets sonores

tels que des sons de vent, des béliers, des clics, etc., le système recommanderait alors des sons bruyants similaires, ou d'un autre côté, s'il jouait des sons plus harmoniques comme des notes soutenues, le système recommanderait également des sons continus. Le but de cette sélection de la typologie du son est de faire correspondre les archétypes des instruments de musique[699]. Nous avons choisi des caractéristiques spectrales dont nous n'avons pas de moyen de contrôle. Comme notre interface gestuelle est capable d'adapter la hauteur ou l'amplitude du son résultant, nous nous sommes moins intéressés à utiliser des caractéristiques comme le centroïde spectral ou l'énergie spectrale.

À cette performance, nous avons pu atteindre nos objectifs de tester les fonctionnalités du système. Les modes de jeu du flûtiste ont été reconnus à travers les échantillons que nous capturons lors des performances. D'une manière générale, les archétypes des sons instrumentaux ont été compris et des sons similaires ont été recommandés. Les suggestions d'échantillons ont été très utiles, permettant à l'instrumentiste numérique de trouver rapidement les échantillons sonores dans sa sonothèque.

Dans la performance avec le bassiste, nous avons cherché à identifier et à charger des échantillons adéquats de la basse électrique en temps réel, afin d'accompagner le bassiste avec des grains de même contenu spectral. Pour cette tâche, nous avons utilisé les descripteurs audio MFCC, car la texture auditive était perçue comme plus importante pour le système. Dans cette performance, le système était capable de fournir des échantillons de basse adéquats à partir de la base de données en donnant le son du bassiste comme exemple. De façon notable, lorsque le bassiste jouait des sons plus percussifs comme des claques, le système recommandait également des sons percussifs, tels que des boucles de batterie ou des notes individuelles avec une forte attaque.

[699] Martin LALIBERTÉ, « Archetypes et paradoxes des instruments de musique », *op. cit.*

Chapitre 9

Les instruments numériques en action : analyses des jeux

Ayant déjà traité dans les chapitres précédents différents dispositifs d'improvisation, ici nous abordons le résultat sonore que ces dispositifs produisent. Pour cela, nous partons des enregistrements de sessions d'improvisation des ensembles dans lesquels nous évoluons, pour analyser ce résultat en relation avec les instruments numériques. L'objectif de ce paragraphe consiste à ne pas produire des analyses musicales détaillées de la matière sonore comme il s'agissait de compositions, mais plutôt à observer les interactions entre les instruments et surtout l'utilisation des instruments numériques dans le processus d'improvisation. Nous souhaitons analyser en particulier notre instrument numérique. Prenant les enregistrements effectués, nous chercherons à comprendre les stratégies de manipulation de l'instrument pour répondre aux différentes situations. Nous avons choisi deux exemples distincts où la configuration et de conséquence les interactions sont différentes. Le premier exemple est un enregistrement d'une session du collectif *Unmapped*, avec six instrumentistes ; le suivant avec le duo *Electrologues*. Dans le premier cas, il s'agit de l'interaction avec cinq autres instrumentistes, dont deux connectés à notre instrument ; avec le duo il s'agit plutôt d'une interaction plus directe avec des échanges de signaux audionumériques.

9.1 Modèles d'analyse de l'improvisation libre et électroacoustique

Nous nous interessons, dans ce paragraphe, à l'analyse des instruments numériques en action dans un contexte d'interaction entre musiciens : l'utilisation d'un cadre formel d'analyse musicale pourra nous guider dans cette entreprise pas simple. Par son caractère éphémère, l'analyse de l'improvisation libre rend son examen difficile. On

pourra même considérer que l'improvisation n'est pas analysable[700], ou suivre la premisse de Alain Savouret qui affirme que :

> « l'acte "improvisé" (non-pré-visible), un Moment de musique donc, n'a d'existence et ne prend son **caractère** que "ici et maintenant" avec les personnes présentes. Caractère et non **valeur** : il ne faudra pas oublier de revenir sur cette opposition élémentaire ; la musique librement improvisée n'a en fait pas "valeur", elle n'est pas mesurable, évaluable, elle ne peut qu'être appréciée[701]. »

À cette difficulté, l'électroacoustique ajoute les problématiques liées à ses musiques, notamment celles concernant les technologies employées. Pierre Couprie[702] montre les difficultés dans ces analyses, comme nous avons déjà dit au cours de ce texte. Comme résumé de ses remarques, citons son article :

> « Analyser une performance électroacoustique improvisée avec une visée génétique ne consiste pas seulement à étudier un ensemble de sources à l'origine de la partition comme dans le cas des musiques écrites. Dans ce cas, l'instrument et le support se confondent bien souvent en une seule entité qui évolue au fil des improvisations et durant l'improvisation même. Les dispositifs numériques utilisés par les musiciens permettent l'hybridation et la modularité à tous les niveaux. Il est désormais courant de modifier (*repatcher*) son instrument durant le jeu à la manière des instruments préparés, mais en permettant des modifications bien plus profondes. Il s'agit donc d'étudier un objet musical dont les éléments de production sont naturellement évolutifs. Garder une trace de ces évolutions est très difficile et cette question est en train de devenir centrale dans l'étude des œuvres électroacoustiques interactives, qu'elles soient improvisées ou non. Il devient aussi très difficile de les enregistrer, car elles font intervenir des éléments extérieurs forts comme le lieu et l'espace de la performance, les technologies employées ou les transferts d'information entre les parties des instruments utilisés[703]. »

La bibliographie autour de l'analyse de l'improvisation que nous avons examinée se base surtout sur la description des musiciens de leurs actions musicales. Les musicologues réalisent des entretiens avec des questions précises pour analyser certains aspects liés à la pratique. L'enregistrement de la musique jouée permet de regarder a posteriori les solutions adoptées par les musiciens au cours de la performance, aidant les musiciens à se rappeler des actions qu'ils ont réalisées au cours de la performance

---

[700] Cf. Derek BAILEY, *L'improvisation sa nature et sa pratique dans la musique*, *op. cit.*, p. 31.

[701] Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible*, *op. cit.*, p. 12. (les caractères gras sont à Savouret)

[702] Pierre COUPRIE, « Improvisation électroacoustique : analyse musicale, étude génétique et prospectives numériques », *Revue de musicologie*, 2012, vol. 98, nº 1, pp. 149-170.

[703] *Ibid.*, p. 4. (Les italiques sont de Couprie)

et à les expliquer suivant une analyse plus détaillée. Nous avons remarqué avant (paragraphe 4.8) que l'enregistrement détourne l'écoute, car il est toujours différent de « l'écoute-en-action[704] » lors de la performance. Aussi, il permet de conserver une trace audio, mais tous les autres actants ne sont pas considérés. Par conséquent, l'utilité de l'enregistrement va dépendre des questions analysées et de la manière dont les instrumentistes considèrent ces actants.

Une autre caractéristique de certaines analyses est qu'elles sont réalisées à travers de la comparaison entre itérations d'un type de performance. Par exemple, Pierre Couprie analyse l'improvisation électroacoustique réalisée par le collectif *Les Phonogénistes* pour l'accompagnement du film *Emak Baikia*. Dans cette analyse il compare cinq improvisations réalisées sur le film. Un autre exemple est l'analyse d'une performance (faite spécifiquement pour son analyse) réalisée par Clément Canonne et Nicolas Garnier. Après une performance réalisée par quatre instrumentistes, ces derniers devaient écouter l'enregistrement et se prononcer sur leurs actuations. Chaque musicien proposait aussi une structure formelle de la performance. Ensuite, les chercheurs comparaient les témoignages pour en retirer des conclusions.

Le modèle d'analyse proposé par Michael Pelz-Sherman[705] est souvent cité dans d'autres propositions d'analyse. Les concepts qu'il introduit vont intéresser d'autres analyses comme celle de Canonne et Garnier dont nous avons parlé, mais on les retrouve aussi dans l'analyse computationnelle de Stefano Kalonaris[706] à partir de la structuration automatique par une analyse spectrale (par les descripteurs audio) de l'enregistrement de chaque instrumentiste. L'analyse de Pelz-Sherman est pour nous intéressante, car sa proposition est basée dans l'analyse des interactions entre les musiciens, ce qu'il appelle *i-events.* Dans notre perspective, il faudrait considérer les interactions dans tout le système. Nous avons montré comme les interactions au-delà de l'action humaine contribuent au développement de la performance. Pelz-Sherman emprunte des concepts de la théorie de l'information pour comprendre l'envoi et la réception des messages musicaux par les instrumentistes. Il propose ainsi quatre

---

[704] Anthony PECQUEUX et Olivier ROUEFF, *Écologie sociale de l'oreille : enquête sur l'expérience musicale*, Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales, En temps & lieux, n° 9, 2009.

[705] Michael PELZ-SHERMAN, *A Framework for Analysis of Performer Interactions in Improvised Art Music*, Doctoral thesis, University of California, San Diego, 1998.

[706] Stefano KALONARIS, « Interaction-based Analysis of Freely Improvised Music. », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'19*, 2019, Malaga, Spain.

événements d'interaction : l'imitation ; la question-réponse ; complétion/ponctuation ; et l'interruption. Il distingue deux modes d'interaction : statique et dynamique. Dans le premier cas, il s'agit de la densité des événements (partage, solo/accompagnement/ non-partage).

Dans le cas de l'interaction dynamique on va parler des transitions entre les *i-events* statiques (*emerging / withdrawing, merging / accepting, interjecting / supporting, initiating / responding*). Canonne et Garnier proposent de leur côté de reprendre la terminologie des stratégies utilisées par les musiciens dans leurs interactions :

- Stabilization (*stabilization*) : les musiciens cherchent à que leurs modes de jeu soient d'accord pour que l'improvisation se stabilise pendant un moment.
- Attendre pour voir[707] (*wait and see*) : les musiciens attendent un moment (sans jouer, ou très peu) pour comprendre la direction de l'improvisation et un moment ou ils peuvent entrer.
- Jouer avec (*playing along*) : les musiciens jouent d'accord avec ce qu'ils entendent pour que l'improvisation puisse continuer, même si la direction n'est pas cohérente à leur avis.
- Stratégie de densification : les musiciens essaient de changer la direction du flux sonore en ajoutant une strate de complexité dans le flux sonore.

Le dernier modèle d'analyse que nous souhaitons présenter ici est celui de Rodrigo Constanzo[708]. Il part aussi de l'enregistrement de la performance, mais dans ce cas, il analyse aussi l'image en plus du signal audio. Son idée est de faire une description détaillée de tous les éléments qui ont contribué au développement de la performance, à partir de ce dont le musicien se souvient (il s'agit aussi d'une analyse réalisée par les instrumentistes qui ont participé à l'improvisation). La vidéo sert donc à aider l'instrumentiste à se rappeler de différents moments de sa pensée. Dans cette analyse Constanzo trie de cette manière les actions de l'improvisateur :

« - Material – Decisions dealing with manipulations of local, sonic materials. These can

---

[707] À ce moment, Alain Savouret nomme de « Cèdement » : « il s'agit de la phase délicate où l'improvisateur doit « céder à ce qui est en train d'être » parce que son action n'est pas nécessaire à cet instant ; […] Mais un cèdement individuel n'est ni un abandon ni une interruption de l'improvisation en cours, cela pourrait être comme descendre d'un train en marche dont la lentieur pemettrait de poursuivre « momentanément » le même chemin à pied, sans parciper activement au « en train de … » du collectif, pour y remonter un peu plus loin, dès que le juste besoin s'en fait sentir » *in* Alain SAVOURET, *Introduction à un solfège de l'audible*, *op. cit.*, p. 87.

[708] Rodrigo CONSTANZO, *Composition, Performance, and Making Things, sitting in a tree : Me-Me-Me-Me-Me-Me-Me*, thèse de doctorat, University of Huddersfield, 2016.

come in the form of instrumental behaviors or general development, and are open to context and interpretation.

- Formal – Decisions dealing with form and transitions.

- Interface – Decisions dealing with instrument, ergonomics, technology, and performance modalities.

- Interaction – Decisions dealing with how materials interact, primarily with simultaneous materials (as opposed to Formal decisions), but not exclusively so. »[709]

Le musicien doit écrire toutes les informations sur ses actions dans une chronologie et ensuite il doit classifier ses actions selon les quatre critères que nous avons énumérés. L'avantage ici, que nous trouvons intéressant, c'est que le focus n'est pas seulement musical, mais c'est un modèle assez ouvert pour analyser d'autres types d'interaction. Puisqu'il est basé sur le récit et l'actuation de l'instrumentiste, il peut inclure tout ce que pour le musicien a été important dans la performance. Cette analyse peut donc inclure les éléments tels que nous les avons énoncés dans notre description des systèmes complexes, analysés dans la première partie de ce texte.

9.2 La session d'improvisation d'Unmapped

Prenons d'abord la situation particulière de résidence artistique pour analyser l'utilisation de notre instrument numérique dans une situation d'improvisation collective mixte. Nous allons analyser un exemple sonore extrait de cette résidence qui illustre l'usage de notre instrument numérique dans le contexte pour lequel il a été originalement construit. L'extrait analysé est tiré d'une session d'improvisation plus longue et ne révèle pas tout le processus évolutif de la session, mais étant choisi dans un cadre d'analyse musicale, il est un exemple consistant pour parler de notre pensée musicale dans l'utilisation de l'instrument.

En juillet 2016, le collectif *Unmapped* s'est réuni pour une résidence d'enregistrement en France, à Arzon qui se situe en Bretagne. Les musiciens étaient logés dans la même maison pendant une dizaine de jours et se rencontraient, pour partager leurs différentes expériences, depuis la dernière rencontre du groupe advenue en juin 2015. L'ambiance

[709] *Ibid.*

était décontractée. La journée dédiée à l'improvisation musicale était accompagnée par des moments relaxés de préparation des repas, des apéritifs et des balades dans la nature. Dans cette époque, les musiciens présents, en plus de nous-mêmes, étaient : Thomas Vittek, William Goutfreind, Olavo Vianna, Julien Vincenot, Gabriel Peraza et Jérémy Labelle. Les autres musiciens (Emanuele Battisti, Andrea Gozzi, Kevin Gironnay et Dionysos Papanicolau) n'étaient pas disponibles pour y participer.

Il est important à noter qu'aucune restitution publique n'a été pensée : le but de cette rencontre étant éventuellement de rendre les enregistrements des improvisations disponibles au sein d'une plateforme en ligne. Par conséquent, les sessions d'improvisation avaient lieu systématiquement entre les musiciens sans aucune interaction avec un public extérieur. Les seules exceptions étaient les compagnes des musiciens qui parfois restaient pour écouter les performances du groupe. Parmi celles-ci, il y avait aussi l'artiste plastique Clarissa Baumann qui a réalisé des captations vidéo de plusieurs performances : il y avait donc, à certains moments, une caméra tournant autour des musiciens pour filmer le jeu instrumental sous plusieurs perspectives.

9.2.1 Configuration instrumentale, espace externe

Pour cette résidence, les instruments acoustiques présents étaient la basse électrique de Gabriel Peraza, l'accordéon de Thomas Vittek, le basson de William Goutfreind et la guitare de Olavo Vianna. Les instruments numériques étaient celui de Julien Vincenot, celui de Jérémy Labelle et le notre. À certaines occasions, Thomas Vittek et Olavo Vianna ont aussi utilisé leurs dispositifs d'improvisation augmentés, qui incluent des éléments électroniques. Lors des balades, quelques musiciens ont recueilli de petits coquillages de la mer, qui ont servi aussi d'instrument dans quelques improvisations.

Le format binôme habituel caractéristique de l'ensemble (voir chapitre 5.2.2) n'a pas pu être réalisé, à cause d'un sureffectif d'instruments acoustiques par rapport aux instruments numériques. De plus, Jérémy Labelle a dû partir au cours de la deuxième journée de cette résidence, ce qui a créé une nouvelle proportion : deux instruments acoustiques pour chaque instrument numérique. Nous avons donc opté pour la configuration schématisée dans la Figure 87 :

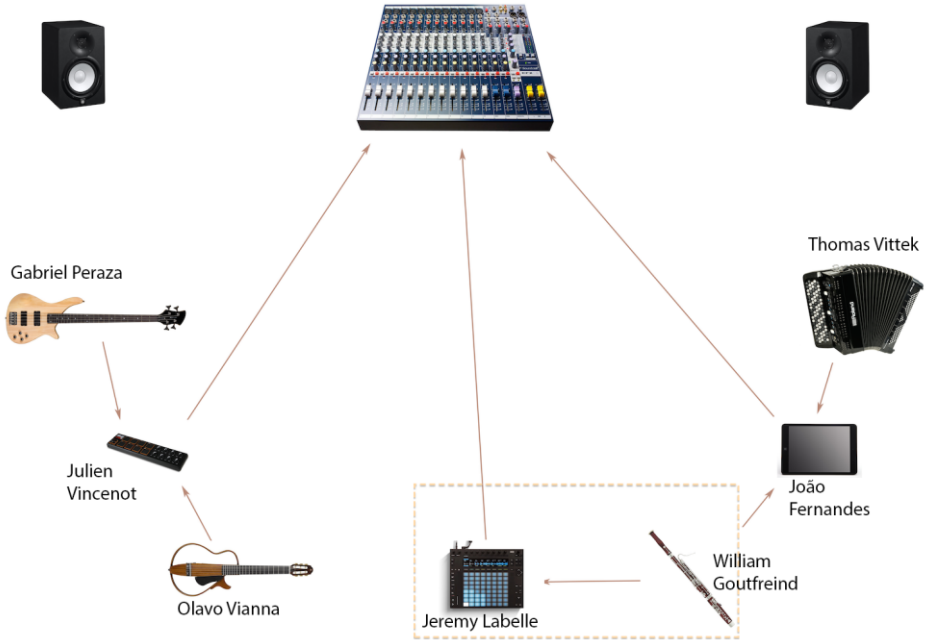


Figure 87 – Configuration d'*Unmapped* dans la résidence.

Dans le carré pointillé, on reproduit la configuration de la première journée où Jérémy Labelle était en binôme avec William Goutfreind. Chaque instrument numérique avait donc deux instruments acoustiques affectés. Après le départ de Labelle, la configuration instrumentale est restée immuable durant le reste de la résidence. À noter que Goutfreind s'est placé ensuite à notre droite au côté de Vittek. En effet, nous avons réfléchi à prendre du temps pour créer un jeu commun à l'intérieur des couplages instrument acoustique-numérique. En gardant les mêmes traitements via les instruments numériques, les variations instrumentales de cette résidence procédaient par l'inclusion ou par exclusion des instrumentistes de l'improvisation. Cela signifie que tous les instruments n'étaient pas toujours présents dans toutes les improvisations. Par exemple, l'accordéon et le basson pouvaient tout à fait participer à une improvisation sans la présence de notre instrument numérique. Pour rendre cela possible, chaque instrument était connecté à une table de mixage qui renvoyait le son des instruments acoustiques aux cartes-son des instruments numériques. Cela permettait l'indépendance de restitution sonore directe des instruments acoustiques – ils pouvaient alors jouer et s'entendre dans le système de diffusion sans avoir besoin de l'instrument numérique auquel ils étaient reliés. Nous avons conçu comme projection sonore une double stéréophonie inversée afin que tous les musiciens puissent entendre le même type de retour sonore. Deux grandes tables étaient disposées devant la table de mixage et chaque

« trio » se plaçait dans une des tables. La posture décontractée de répétition a eu comme reflet naturel de jouer dans la position assise avec ces instruments, malgré notre conscience que dans la position debout nous aurions été plus « éveillés » pour improviser.

9.2.2 Enregistrement et mixage

Le son de chaque instrument a été enregistré séparément, soit par des microphones dédiés (dans le cas du basson et de l'accordéon), soit par ligne directe pour les autres instruments. Des microphones placés à quelques mètres de l'espace de jeu captaient l'ensemble sonore.

L'enregistrement a été produit par sessions : de durée variable, chaque session était circonscrite par un long moment d'arrêt du jeu des musiciens, ce qui pouvait être considéré comme une fin de pièce. Dans ces sessions, il pouvait y avoir parfois des consignes pour le développement de l'improvisation, comme l'évolution d'un paramètre en particulier, ou bien au contraire elle pouvait être complètement libre.

Dans le paragraphe 4.8, nous avons discuté de la problématique de l'enregistrement de l'improvisation. À partir de ces sessions, nous pouvons confirmer les difficultés à conserver une improvisation dans un enregistrement. Tout type d'interaction se perd en dehors de la trace sonore, et il nous est impossible d'analyser précisément le développement musical, car tout simplement ces informations sont totalement éphémères. Par conséquent, l'improvisation que nous analysons ici est un extrait d'une improvisation plus longue. Nous retirons ce fragment de cette session afin d'observer la façon dont les interactions se construisent au cours de l'improvisation, dans laquelle l'électronique et les instruments numériques se mêlent avec les instruments acoustiques à l'intérieur du binôme et entre les binômes.

9.2.3 Improvisation numéro 16

Ce premier extrait (Exemple multimédia 23.[710]) a une durée de 6'40'' (six minutes et quarante secondes) au sein d'une session d'improvisation d'une durée totale de 16'27''. Il correspond à la section entre les 8'42'' et 15'22''. Nous sommes donc au milieu d'une improvisation qui se déroule sans interruption où les instruments numériques ont une configuration différente de celle du début. Par exemple, leurs mémoires tampon ont déjà le son des instruments enregistré. Les interactions existantes dans cet extrait tiennent en compte la musique réalisée jusqu'à ce moment-là. Le numéro 16 indique qu'il s'agit de notre seizième enregistrement.

L'ensemble a fait une écoute globale des enregistrements de cette résidence et certains d'entre eux ont été signalés comme étant plus intéressants que d'autres. Nous avons tenu en compte aussi la propreté des pistes ou la clarté de la captation du jeu. Nous avons donc choisi ce morceau, signalé dans cette écoute globale, car les interactions instrumentales et numériques sont assez claires pour pouvoir être analysées. Nous rappelons que cette analyse est partielle, car il y a plusieurs décisions des musiciens que nous ne pouvons pas comprendre à partir de l'enregistrement. Par exemple, le silence de la basse pendant presque une minute ne peut pas être expliqué à travers cette analyse. Cela peut être dû à un choix musical, si par exemple le musicien attendait un moment plus adéquat pour entrer dans le jeu. Mais cela peut être dû aussi à un problème technique apparu en ce moment.

Dans la Figure 89, nous voyons la forme de l'extrait. Il y a clairement trois parties identifiées. La première partie démarre avec le son de la basse électrique doté d'une réverbération réalisée par Vincenot. Le son de la basse sera utilisé également pour introduire la troisième partie de l'improvisation à 3'54''. La deuxième partie est un *crescendo* de la minute 2'39 à 3'54''.

Nous avons adapté le modèle d'analyse de Constanzo pour regarder de près les interactions dans cet extrait improvisé. Nous avons donc construit une liste avec toutes les actions que nous avons pu extraire de l'enregistrement de cette improvisation. À partir de cette liste, nous avons décrit le type d'actions selon les quatre catégories de

[710] L'improvisation peut être entendu sur la page en ligne : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/improvisation-numero-16/s-bbCm5

décisions décrites auparavant : formelle, interaction, matérielle, et interface. Cependant, les analyses de Constanzo sont réalisées surtout pour des improvisations en solo. Il décrit les interactions entre l'instrumentiste et l'instrument ; celles entre les décisions formelles et leur exécution ; et celles entre les différents moments de l'improvisation (par exemple, la réutilisation du matériel et son développement). Dans l'analyse que nous réalisons ici, nous sommes plutôt intéressés aux interactions entre les différents acteurs ou entre les instrumentistes et le flux sonore : les interactions directes et indirectes. Ainsi au lieu de construire une chronologie avec tous les événements dans l'improvisation, nous avons conçu une chronologie pour chaque instrument. Nous pouvons observer le résultat de l'analyse dans la Figure 88.

Les actions de chaque instrumentiste sont identifiées avec un symbole différent et chaque type d'action est placé dans une ligne différente. Nous avons représenté les interactions par des lignes pointillées entre les actions correspondantes à l'échange d'information musicale entre les instrumentistes. Au centre nous avons mis une ligne (en jaune) qui représente le flux sonore de l'improvisation pour indiquer les interactions indirectes. Dans le Tableau 5, (page 481), nous pouvons voir la liste complète des actions identifiées dans cet extrait. Dans la dernière colonne nous avons ajouté les types d'interaction que Canonne et Garnier ont identifiés : densification, stabilisation, *wait and see* et « jouer avec ». Cependant, l'application de cette classification est faite selon notre interprétation de l'improvisation et ne prend pas en compte l'opinion des instrumentistes.

L'analyse des interactions musicales montre quelques traits dont nous avons parlé avant à propos les binômes d'*Unmapped.* Les interactions des instruments numériques sont surtout réalisées dans le travail de création du territoire sonore avec les instruments acoustiques. Le son des instruments est enregistré pour le reproduire postérieurement ou pour appliquer des traitements. Chaque instrument numérique utilise une réverbération différente ce qui donne une couleur distincte à chaque trinôme.

Le flux sonore des improvisations d'*Unmapped* est toujours dense et nous pouvons vérifier ce fait par les traitements des instruments numériques. Au cours de l'improvisation sont utilisés aussi des transpositions, des délais, un filtre spectral, un harmoniseur et la distorsion. La guitare utilise aussi un délai et une distorsion.

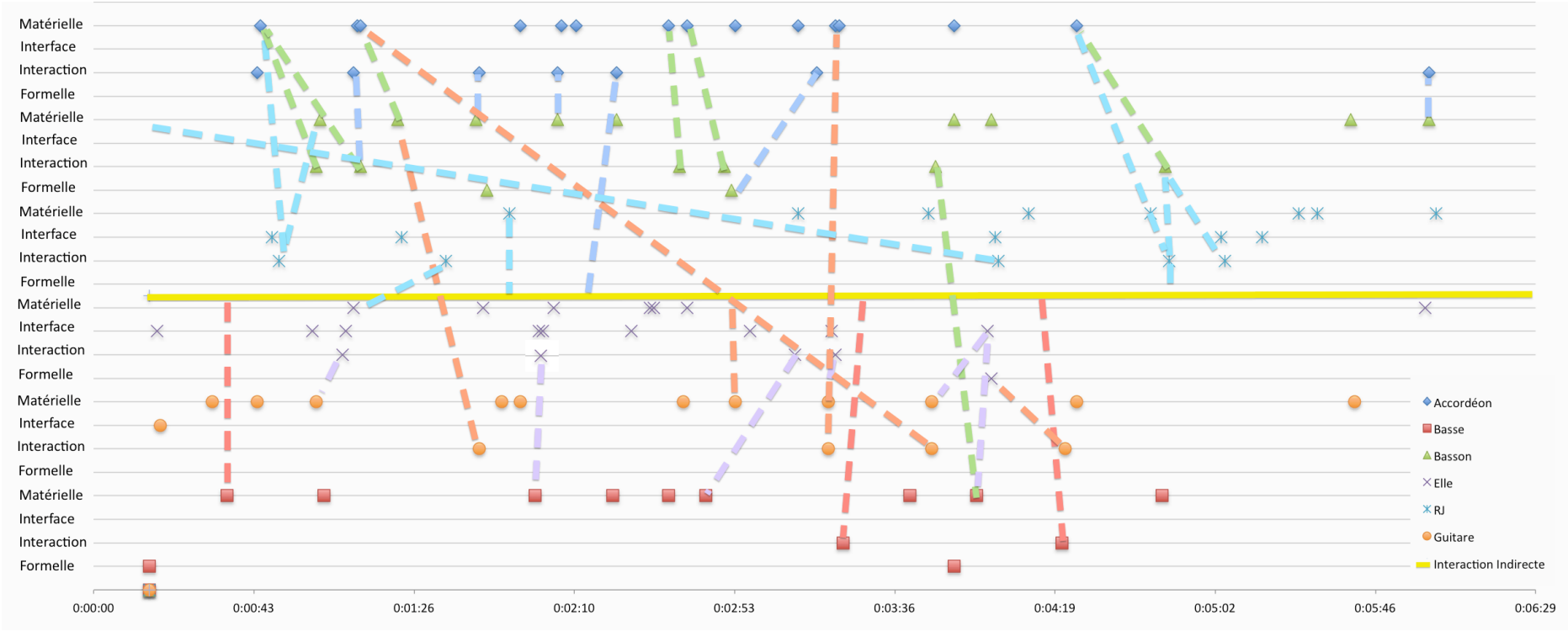


Figure 88 – Analyse des actions et interactions dans Improvisation1 d'*Unmapped*

La première partie est construite essentiellement à partir de l'interaction entre les instruments acoustiques : la guitare produit des notes isolées avec une enveloppe percussive en *forte* (presque un *staccato*) et quelques petits motifs mélodiques de deux ou trois notes. Les motifs de la guitare sont repris par l'accordéon. Pourtant, ensuite la guitare se met en deuxième plan renforçant le dialogue entre l'accordéon et le basson qui font des questions-réponses avec de petits motifs de trois à cinq notes, ascendants et descendants. Par l'analyse des interactions, nous retirons que la basse électrique a été utilisée surtout comme accompagnement, et en contribuant au son globale par des interactions indirectes. À l'inverse, le basson et l'accordéon interagissent à plusieurs reprises. Nous pouvons supposer que cela est dû à la proximité physique (voir explication de la Figure 87).

Le traitement de la guitare et de la basse électrique consiste à appliquer une réverbération et à certains moments des attaques en reverse de la guitare. Vincenot essaye d'entrer dans ce dialogue par l'utilisation des échantillons d'enveloppe percussive pour créer des « attaques électroniques » similaires à ceux de la guitare. Nous interagissons avec Vincenot dans quelques occasions avec la même typologie sonore par l'utilisation de notre échantillonneur (*Keys*). Le traitement du basson, à notre charge, est réalisé avec le module *ZigPlay* qui est utilisé pour reproduire son signal à différentes vitesses. Le motif du basson est donc réitéré avec différentes transpositions qui provoquent le changement de direction de l'accordéon qui arrête le motif pour simplifier la texture qui s'est créée. Dans cette partie, l'accordéon a une simple réverbération ajoutée à son signal pour s'approcher de la même couleur sonore que l'électronique. En même temps, la sonorité de l'ensemble est unifiée par l'utilisation d'une réverbération commune aux six instruments qui participent au processus.

La deuxième partie est introduite, à la minute 2'39'', par une note tenue du basson qui est suivie par les autres instruments. Cette note tenue est la base du développement instrumental de cette partie. Les instruments acoustiques varient entre notes tenues et répétitions d'une même note. L'électronique crée le mouvement avec l'utilisation d'échantillons plutôt percussifs. Au départ de cette partie, notre instrument utilisait encore le *ZigPlay* ce qui aboutissait à des transpositions des notes tenues du basson.

Cette note tenue du basson, démarre le *crescendo* pour le climax de la « pièce », avec une progression du même geste vers l'aigu. Le traitement électronique que nous avons réalisé consistait simplement à réverbérer ces notes tenues. Notre accompagnement du *crescendo* est obtenu aussi par l'ouverture spectrale avec l'utilisation des échantillons

stockés en mémoire. Le même parcours de l'électronique est fait par l'accordéon qui ajoute des notes pour créer des accords ouverts complexifiant le spectre global.
Du côté du trinôme basse / guitare / instrument numérique, le parcours est similaire : le traitement de Vincenot consiste à appliquer une réverbération plus grande et à utiliser un harmoniseur qui apparaît graduellement faisant le même effet de l'accordéon par la complexification du spectre. La basse prend la même direction que le basson avec une montée dans le registre des hauteurs afin d'arriver au climax. L'enregistrement en boucle de la basse est reproduit à une vitesse quatre fois plus rapide, ce qui donne une transposition de deux octaves au-dessus. Puis, elle descend dans le registre grave pour démarrer la nouvelle partie.

La troisième partie (à partir de 3'54'') est une nappe réalisée par tous les instruments avec très peu de mouvements et d'interactions. Notre instrument applique une réverbération aux instruments acoustiques et réalise un filtrage spectral à ceux-ci pour créer des continuums. L'autre instrument numérique utilise également la réverbération appliquée à l'échantillon reproduit en boucle qui donne le ton de la texture pour créer la nappe finale. À la fin Vincenot ajoute une petite distorsion à la texture construite.

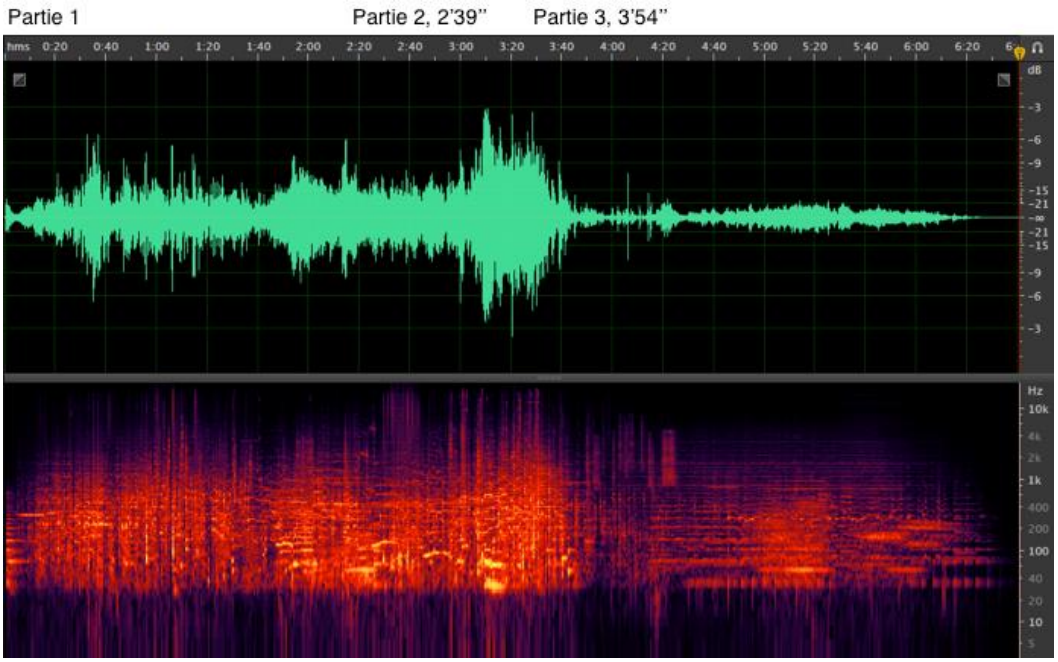


Figure 89 – Forme d'onde et spectrogramme de l'extrait

Dans le cas de cet extrait, l'interaction avec les autres instruments est réalisée en toute simplicité grâce à trois modules : *ZigPlay*, *Keys* et le *Filtre spectral*. La réverbération permet de fusionner tous les instruments présents. Ainsi, le routage réalisé correspond

à l'image de la Figure 90. Dans le cas de notre trinôme avec le basson et l'accordéon, le *ZigPlay* a la fonction de créer une couche sonore électronique à partir du son des instruments. Avec la transposition quasiment aléatoire des hauteurs qu'il réalise, il maintient les relations harmoniques de l'instrument.

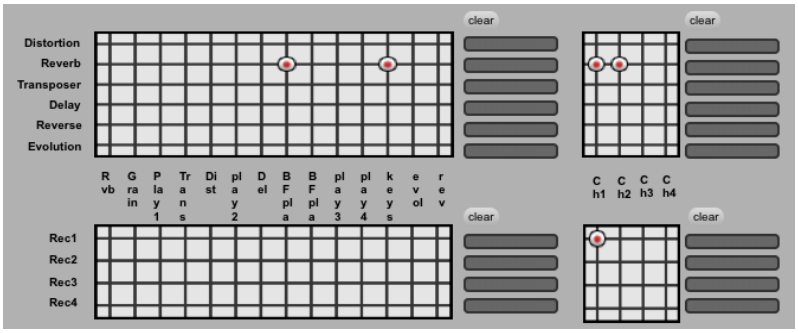


Figure 90 – Routage du signal sonore dans l'improvisation d'*Unmapped*

Notre interaction avec les instruments et l'autre trinôme est réalisée avec le module *Keys* contenant des échantillons chargés en mémoire. Nous pouvons entendre l'utilisation des échantillons de guitare et de basse électrique[711] ainsi que d'autres échantillons de contenu différent. En effet, nous utilisons souvent cette stratégie dans l'utilisation de notre module *Keys :* une partie des échantillons est extraite d'enregistrements des gestes des instruments acoustiques avec qui nous jouons ; une autre partie est formée d'échantillons contrastants au niveau du contenu spectral. Cette stratégie permet de fusionner parfaitement les sons des instruments qui forment le binôme et permet aussi de construire d'autres lignes parallèles parmi lesquelles nous écoutons nettement deux instruments. L'objectif est précisément de construire une ambiguïté sonore entre le son qui vient de l'instrument acoustique, ce son avec un traitement électronique et le son des échantillons qui peut être aussi traité de la même manière que pour l'instrument.

[711] Pour rappel, le bassiste est l'autre membre du duo *Electrologues* avec qui nous avons enregistré plusieurs fois le son de sa basse électrique.

9.3 Enjeux de l'improvisation en duo : l'expérience d'Electrologues

Dans le paragraphe 5.3, nous avons analysé les dispositifs d'improvisation du duo *Electrologues* constitué par le bassiste/guitariste Gabriel Peraza et nous même. Contrairement au collectif *Unmapped*, avec Peraza nous avons travaillé intensément à la construction d'un langage propre au duo, pendant notre séjour à Paris. En effet, étant donné que nous deux étions aussi membres faisant partie du collectif *Unmapped*, il était important pour nous de chercher à nous détacher de la sonorité de cet ensemble et de construire quelque chose qui reflétait les caractéristiques spécifiques en tant que duo. Les répétitions étaient régulières et par conséquent l'envie de se produire en *live* était très importante. Le résultat a été que le duo *Electrologues* a, jusqu'à aujourd'hui, l'habitude de participer à des appels à projets, pour des concerts, résidences, colloques, etc.[712]. Nous essayons de monter des dossiers à chaque nouveau projet avec de la musique nouvelle de façon à postuler avec l'état actualisé de notre expérience de l'improvisation musicale, au lieu d'envoyer une musique plus « ancienne » qui n'est plus représentative de notre pratique.

Ainsi l'improvisation que nous avons choisie pour analyse dans ce paragraphe a été réalisée pour un appel à musique pour un festival avec notre système actuel d'improvisation.

9.3.1 Configuration instrumentale, espace externe

Pour cette improvisation, le système monté a été simple, comme un *home studio* : l'instrument utilisé par Peraza a été la basse électrique sans utilisation d'autres effets et nous avons utilisé notre instrument numérique avec la configuration standarde déjà détaillé plus en amont.

Nos instruments étaient directement connectés au dispositif de diffusion : une table de mixage qui diffusait en stéréophonie devant nous. De cette table de mixage, nous récupérons le signal audio de la basse électrique pour le traitement numérique en temps

[712] Un exemple de notre participation à des projets peut être visible sur https://youtu.be/6auwrjyuIYs. Cette performance a été issue d'un appel à projets pour le festival *Dimanche Rouge* à Paris en juin 2012 qui a été accepté.

réel. La configuration est représentée dans la Figure 91.

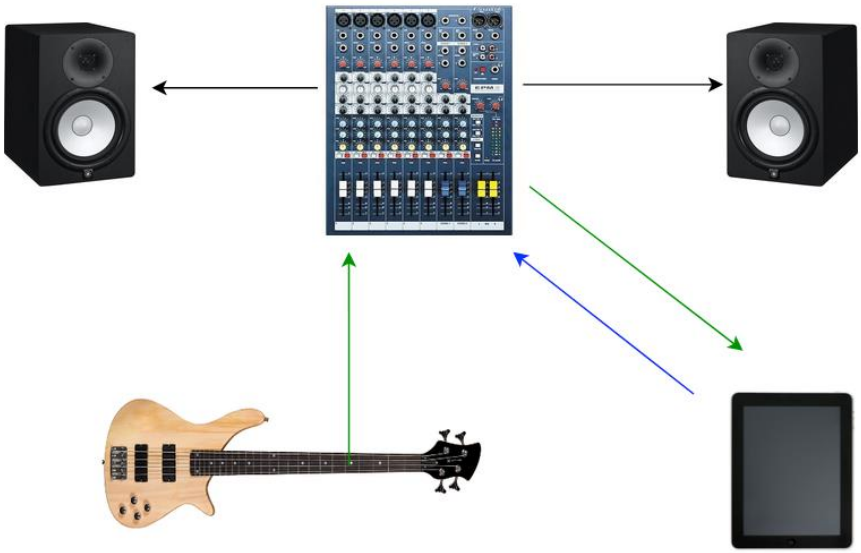


Figure 91 – Configuration audionumérique pour l'improvisation *Reload* d'*Electrologues.*

9.3.2 Reload

L'improvisation, que nous analysons ici (Exemple multimédia 24.)[713], avait une seule contrainte : la durée devait être courte pour se conformer au format souhaité pour les appels à projets. En outre, nous n'avons pas donné de consignes pour envisager les autres paramètres musicaux comme la direction, le matériel à utiliser, etc.

Dans la Figure 92, nous pouvons voir la forme d'onde et le spectrogramme de l'improvisation. En observant la forme d'onde, nous pouvons immédiatement noter que la dynamique n'a pas été un paramètre déterminant pour la forme de la « pièce ». Les notes de la basse ont souvent été accompagnées d'une même typologie de sons déclenchés par l'électronique avec le module *Keys* et contenant des enregistrements de la basse électrique et quelques autres sonorités contrastantes. Nous voyons que les événements courts sont une constante durant toute la durée de la pièce ce qui résulte de l'utilisation de l'échantillonneur. Nous l'avons utilisé à différentes reprises avec la fonction d'enregistrement de deux secondes du son d'entrée de l'autre instrument du duo.

---

[713] L'improvisation peut être entendue sur la page en ligne : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/reload/s-kYoMI

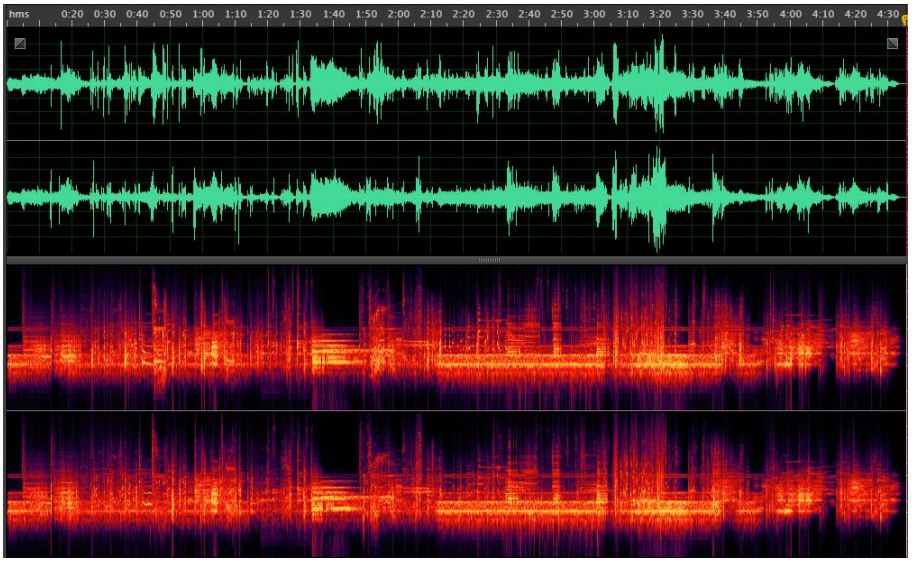


Figure 92 – Forme d'onde et spectrogramme de *Reload.*

Dans un même temps, nous avons utilisé les effets de réverbération, du filtrage spectral, du délai pour le traitement de l'instrument et le module *ZigPlay*.

Dans ce type d'improvisation en duo, nous sommes beaucoup plus exposés aux moments de silence et de gestes musicaux qui pourraient ne pas fonctionner avec le partenaire musical. L'instrumentiste doit trouver des astuces pour combler ces moments creux qui pourraient gâcher l'improvisation. Dans l'improvisation avec *Electrologues*, il est commun d'allumer plusieurs modules audio qui tournent en arrière-plan sans qu'on les entende, le volume étant mis à -70 dB. Quand il est nécessaire, il suffit alors de monter le volume pour remplir l'espace sonore dans des situations que nous avons décrites ou simplement parce que la situation demande un effet spécifique. Ce cas peut être entendu à la minute 1'33'' quand le bassiste joue une note *forte* et la laisse vibrer. À ce moment précis, nous avons voulu profiter de l'événement sonore pour renforcer le spectre avec un *freeze* et un filtrage spectral pour étendre l'instant musical de quelques seconds de plus. Cela ne serait pas possible si le module de filtrage spectral n'était pas déjà allumé, car le *freeze* est cyclique (voir paragraphe 7.5.6). Nous avons simplement monté le volume, ce qui est perceptible dans l'enregistrement.

Ce moment marque une rupture dans la pièce, nous profitons de l'emploi du filtre spectral pour développer son utilisation : de la minute 1'48'' au 2'10'', nous ajoutons dans ce module le signal de l'échantillonneur et nous réduisons le temps du cycle *freeze* pour donner la sensation d'un délai spectral. À partir de 2'10 le temps est augmenté à

nouveau pour créer une nappe sonore provoquant des changements plus lents.

L'enregistrement des gestes du « musicien acoustique », pour les réutiliser ultérieurement, éventuellement avec des modifications, est une technique que nous utilisons souvent dans ce type d'improvisation. Cela permet au musicien de comprendre les actions musicales de sa part que nous acceptons de sorte que chacun puisse exploiter les possibilités du geste dans d'autres événements de l'improvisation. Au cours cette improvisation, nous avons enregistré, par exemple, le *glissando* fait avec une main qui passe sur les cordes de la basse (1'05''), nous reproduisons ce geste à plusieurs occasions et à partir de 3'30'', les deux instruments reprennent cette sonorité pendant quelques instants.

Nous pouvons extraire ainsi une façon d'utiliser l'instrument numérique qui a été exploitée dans cette configuration instrumentale : le module de base est l'échantillonneur qui, du fait de sa polyvalence, peut couvrir différents moments musicaux. Les autres modules sont allumés et prêts à être utilisés si des situations instrumentales le requièrent. Pour son emploi, il suffit de monter le curseur de volume. Les boutons sous forme de raccourcis présents dans les onglets de chaque module permettent d'appeler des effets dans des situations ponctuelles.

Comme pour l'analyse d'*Unmapped*, nous avons décrit cet enregistrement utilisant le modèle de Constanzo. Nous avons créé la liste d'actions et à partir de celle-ci, nous avons généré la carte d'interactions avec la chronologie d'événements. Nous pouvons voir sur la Figure 93 que l'instrument numérique a un rôle secondaire dans l'établissement de la forme de l'improvisation. Les événements qui structurent la forme sont proposés par la basse électrique. De même, les interactions existantes sont presque toujours des réponses de l'instrument numérique aux motifs proposés par la basse électrique. Il est vrai que nous nous soucions avec le maintien de la cohérence du traitement en temps réel, de sorte que nous avons effectué moins d'initiatives dans les suggestions musicales.

Dans ce schéma, nous n'incluons pas toutes les actions des instrumentistes, mais les décisions que nous considérons importantes pour comprendre les interactions tout au long de l'improvisation. Pour cette raison, il existe peu d'interactions indirectes qui permettraient de stabiliser le flux sonore. Dans un duo, les interactions indirectes sont moins évidentes, car le flux sonore se construit avec des actions instantanées en même

temps que la reproduction transformée du signal audio enregistré en temps réel. Dans cette improvisation, il n'est pas possible de comprendre totalement les actions du bassiste. Celles-ci peuvent être une réponse au signal enregistré et reproduit par l'électronique ou les actions peuvent être le développement d'un geste musical précédemment effectué.

Si nous comparons notre utilisation de l'instrument numérique dans les deux performances analysées, nous vérifions que son emploi est assez différent. Pendant les performances, le nombre de manipulations réalisées dans l'instrument pour modifier les traitements varie énormément. Nous pouvons constater que dans le cas d'*Unmapped*, les traitements utilisés sont moins nombreux et peuvent durer très longtemps, tandis que dans *Electrologues*, de nombreux autres effets sont appliqués, tout comme l'utilisation plus fréquente de l'échantillonneur. Notre utilisation de l'instrument dans l'ensemble *Grand8* est également distincte. Dans cet ensemble, nous ne traitons pas le signal audio des instruments. Cela signifie que les modules de génération de son sont ceux qui sont privilégiés et que le traitement du son d'effet est mis en arrière-plan. S'il existe un traitement, il est appliqué à notre propre signal audio. Nous utiliserons la manipulation du son pour créer de la variété dans la palette sonore existante. Lorsque notre instrument n'est pas utilisé pour la musique mixte, il est moins courant de composer plusieurs couches sonores. L'instrument numérique est utilisé de la même manière qu'un autre instrument acoustique.

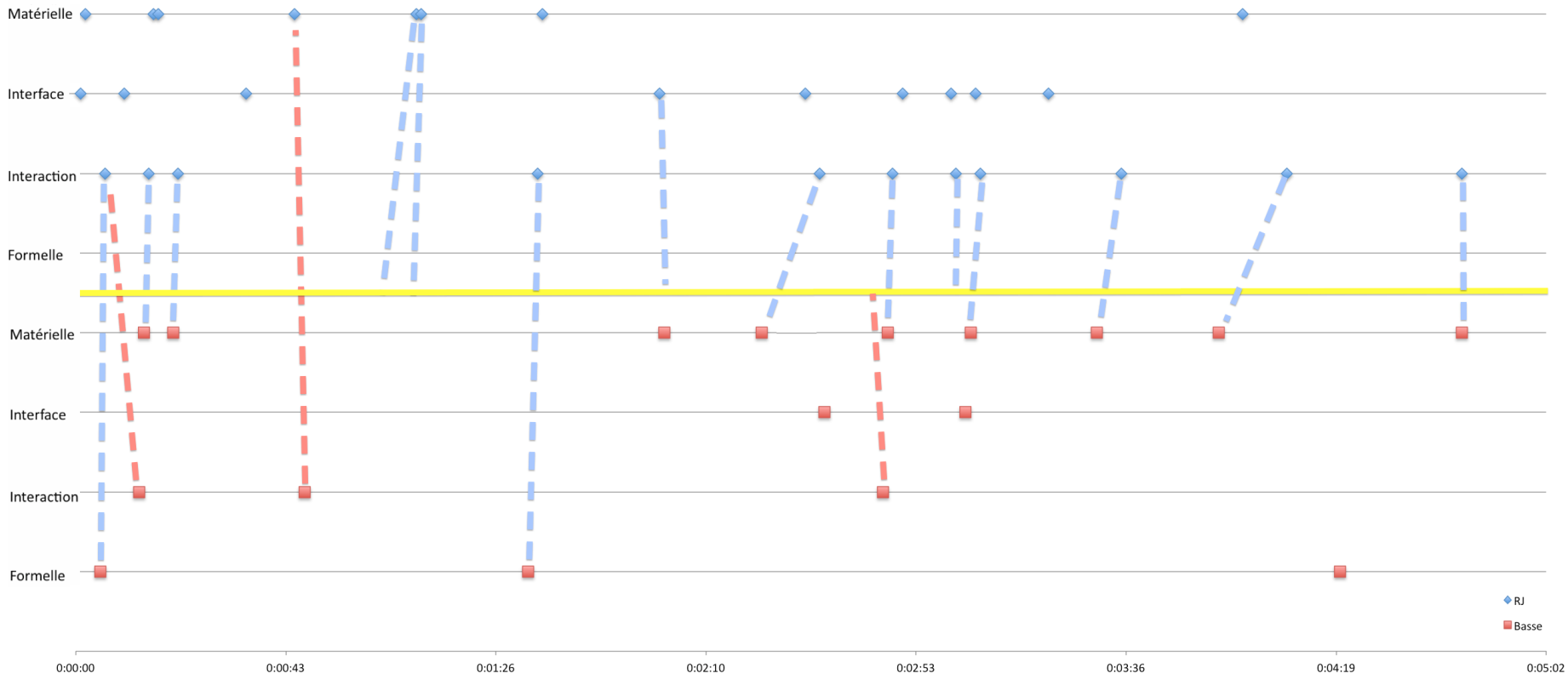


Figure 93 – Analyse de l'enregistrement de *Reload* d'*Electrologues*

Conclusions de la troisième partie

Le travail pratique de ce doctorat (le coté création) a été exposé dans cette dernière partie. Nous avons détaillé le *work in progress* - qui caractérise la lutherie numérique – relatif à l'implémentation de notre instrument numérique. Ce dernier a été modifié au cours de ces années de doctorat avec l'ajout de nouvelles fonctionnalités et l'évolution des modules de sons. Dans cette dernière section, nous avons montré à quel point le travail réalisé au GMEM a été important pour la redéfinition de notre instrument numérique et le développement de son expressivité. Dans ce but, différentes formes de *mapping* ont été testées pour améliorer l'expérience instrumentale de *RJ*.

Nous avons eu le souhait d'expliquer le fonctionnement détaillé de notre instrument de sorte qu'il puisse être utilisé par quiconque, quelles que soient ses connaissances en informatique. Nous avons montré qu'il était important d'avoir une bonne accessibilité d'utilisation tant dans le moteur sonore que dans l'interface gestuelle. Ces deux éléments peuvent, en effet, être utiles pour les divers types d'utilisation de l'instrument. La promptitude de l'instrument numérique est importante pour que l'utilisateur ne se décourage pas lors de la prise en main de l'instrument. Pour cela, l'initialisation à l'instrument a été un facteur pris en compte lors du développement de *RJ*.

Choisir des échantillons sonores peut être un travail fastidieux et compliqué à accomplir en temps réel lorsque l'utilisateur ne connaît pas bien leurs caractéristiques au préalable. Dans le laboratoire NICS, nous avons créé un système permettant de recommander des échantillons en temps réel selon la proximité d'un exemple sonore. Cette solution peut aider à surmonter le problème. Cependant, son utilisation pourrait également être effectuée en dehors de l'instrument numérique *RJ* ou en différé, permettant ainsi l'analyse et la sélection des échantillons dans un autre contexte. Par exemple, nous avons constaté que le système reconnaissait des doublons d'échantillons, même portant des noms différents. Ce système peut donc être utile pour organiser la base sonore d'un musicien.

Le dernier chapitre de cette partie a été consacré à l'analyse de deux performances réalisées avec notre instrument numérique. Dans la première jouée avec six

instrumentistes, l'utilisation de l'instrument reposait principalement sur la création du « son du territoire » (cf. chapitre 4) avec des instruments acoustiques. Dans la deuxième, l'interaction avec la basse électrique était constante et les possibilités de l'instrument ont été explorées plus en avant.

De ce chapitre, nous pouvons conclure que l'instrument est efficace. Il peut être utilisé dans différentes situations musicales. Si l'objectif de l'instrument est de participer à des performances d'improvisation collective libre, d'après l'analyse présentée dans ce chapitre, nous constatons que la polyvalence de l'instrument peut être appliquée de la même manière en solo. L'instrument offre donc plusieurs possibilités pour la création des sons et l'application de nombreux effets, ce qui permet d'avoir une grande variété musicale.

Dans cette description de notre instrument, nous sommes conscients d'avoir peu parlé de la question de la diffusion du son. Cela fait partie de la réflexion en cours, car c'est un aspect qui peut affecter le résultat d'une performance musicale (cf. à ce propos le chapitre 2). Notre hypothèse est de chercher à rapprocher la diffusion du son numérique de la mobilité et de la directionnalité propre des instruments acoustiques (c'est-à-dire leur capacité à être audibles sans amplification). Par exemple, l'*iPad* avec connexion WiFi permet une certaine mobilité physique de l'instrumentiste, mais dans toutes les performances que nous avons réalisées avec *RJ*, le système de diffusion du son par enceintes était fixe et statique. Or, dans les performances improvisées, il est courant que les musiciens bougent dans le « milieu sonore », créant différents points de projection et d'écoute. Cette mobilité du système de diffusion pour un instrument numérique sera donc une piste de développement futur de notre système, afin de permettre au musicien une grande liberté de mouvement tout en restant audible.

Conclusions générales

Cette thèse a comme objectif exposer les besoins théoriques et pratiques d'un musicien souhaitant créer de l'improvisation musicale électroacoustique. D'abord, il s'agissait de mettre à jour les enjeux de cette pratique et ensuite de donner quelques outils nécessaires à la compréhension du fonctionnement de cette improvisation. Cette recherche s'adresse aussi à tout musicien qui voudrait s'initier à une pratique musicale électroacoustique par les biais de l'improvisation. Pour aborder ce type d'expérience, il nous a fallu définir qu'est-ce qu'une pratique contemporaine de l'improvisation libre, considérer son évolution en tant que forme de création et nous demander où réside actuellement la liberté d'action du musicien et comment elle se coordonne avec celle des autres musiciens.

Dans cette pratique sonore, il est nécessaire de faire preuve d'écoute et compréhension des messages, des intentions réciproques directes ou indirectes. Ces interactions se matérialisent par des liens entre les éléments d'un système complexe, qui englobe autant les personnes que les machines et l'environnement spatio-temporel. C'est par cet échange d'informations chargées de sens, que les musiciens peuvent comprendre les réponses du système et, en conséquence, réinjecter de nouvelles informations, ses actions étant perceptivement guidées.

Cette approche guidée par la théorie des systèmes complexes a été complétée par des études sur la cognition musicale. Nous avons montré que les systèmes complexes sont un moyen efficace d'analyser ce réseau dense d'interactions. Les propriétés de ces systèmes ont été mises en évidence par des exemples pratiques de performances avec l'ensemble *Grand8* (où nous sommes le seul instrumentiste numérique). Cependant, cette analyse peut s'appliquer aussi aux autres ensembles dans lesquels nous pratiquons la musique électroacoustique et mixte. Le compositeur Horacio Vaggione nous enseigne que les moyens informatiques ne sont qu'un élément de plus du système complexe avec lequel le musicien interagit. À partir de ces théories, nous avons donc pu comprendre comment, dans ce réseau d'interactions, les individualités s'effacent pour faire émerger une musique collective.

Dans une situation de jeu musical collectif, les réponses des improvisateurs aux *stimuli* reçus doivent être rapides afin que les autres musiciens puissent donner un sens au message. Dans le cas des instruments acoustiques, quand le musicien veut participer au jeu, il y a une relation directe entre son geste et une production de son. Pour effectuer les mêmes opérations, les instruments numériques doivent avoir cette même « disponibilité » à être manipulés : le musicien électroacoustique a besoin d'outils capables d'envoyer les bons messages au bon moment. En d'autres termes, il doit disposer d'un instrument numérique capable de fonctionner en temps réel et contenant les modules de synthèse ou de traitement du son adaptés aux souhaits du musicien. Nous avons exposé comment des expérimentations technologiques ont été réalisées au cours de l'histoire et quelles conséquences elles ont eu sur les instruments numériques actuels. Nous avons vu, par exemple, comment le protocole MIDI a conditionné le développement et l'esthétique des instruments numériques, tout en permettant une grande évolution de l'improvisation électroacoustique grâce à la possibilité de communication entre les périphériques.

Cette thèse présente aussi un panorama actuel des investigations dédiées à la lutherie numérique. Elle montre à quel point il est difficile de trouver une norme de construction et de rendu des instruments numériques. En effet, nos analyses de cas concrets (instruments numériques de nos collègues de *Unmapped* et *Electrologues* ainsi que de Lorenzo Bianchi Hoesch) témoignent d'une hétérogénéité de conceptions en lutherie. Cela nous a également montré que l'improvisateur numérique ne se différencie pas simplement par l'utilisation individuelle et personnelle de l'instrument, il se différencie surtout car c'est souvent lui-même qui construit les outils qui lui conviennent.

Il n'y a pas de véritable consensus pour créer un bon instrument numérique. Les expériences sur l'utilisation de ces instruments fournissent des indications sur la manière dont l'instrument génère un intérêt. Nous avons vu que le musicien doit être capable de créer une relation intime avec l'instrument, afin de l'intégrer comme une extension de son corps. Pour cela, il faut mettre l'accent sur la pratique et le *work in progress* continu qui caractérise la « vie » de ces instruments, en créant les conditions favorables pour que cette pratique ait lieu. Il s'agit, à notre sens, d'un point important qui pourrait permettre de répondre aux faibles durées de vie des instruments numériques, comme montré dans les statistiques présentées dans le quatrième chapitre.

Considérant que la pratique électroacoustique nécessite un instrument capable de

produire des sons, notre recherche s'est circonscrite aux instruments numériques, par rapport aux instruments électroniques que nous maitrisons moins dans leur aspect technique. Nous avons vu que le musicien a besoin d'assembler les composants qui caractérisent ces instruments : une interface gestuelle, un moteur sonore, un module de *mapping.* L'attention accordée au développement de chaque composant de l'instrument numérique varie d'un luthier à l'autre. Par exemple, certains peuvent choisir de développer la gestualité sonore sur l'interface de contrôle, d'autres sur le moteur de son. Toutefois, c'est finalement le rôle du *mapping* de définir l'instrumentalité dans la relation entre le geste et le son.

Le cheminement théorique de cette thèse a nourri la discussion autour de notre propre pratique de l'improvisation au sein de nos différentes collaborations artistiques. Surtout, elle a permis d'encadrer le développement numérique de l'instrument que nous avons créé pour répondre aux exigences de l'improvisation électroacoustique et mixte d'*Unmapped* et *Electrologues*, présentée dans cette thèse. Depuis le début de ce travail, nous avons eu comme objectif parallèle l'apprentissage de techniques de traitement numérique du son. La plupart des modules audio-numériques ont donc été construits à partir de zéro. Le travail itératif de lutherie sur notre instrument a été exposé en détail.

Nous pouvons affirmer que notre instrument tel qu'il se présent aujourd'hui répond très bien aux exigences de notre pratique. L'instrument est régulièrement utilisé pour les improvisations en ensemble et les concerts mensuels du *Grand8*. Ces représentations nous permettent, par exemple, d'examiner constamment l'instrument, ces performances ayant toujours une géométrie différente. L'instrument a été utilisé en formation pour des duos (soit il en binôme connecté comme dans *Unmapped* ou pas), trios, etc., et même dans un très grand ensemble. En analysant les improvisations avec *Unmapped* et *Electrologues*, nous avons constaté qu'il était suffisamment polyvalent pour répondre à diverses situations.

Cependant, nous avons observé qu'il pourrait y avoir d'autres directions de développement. L'analyse et l'expérimentation de l'instrument *Elle* de Lorenzo Bianchi Hoesch ont fait émerger d'autres méthodes de traitement et de génération du son qui diffèrent de celles de notre instrument. Par exemple, la production sonore par synthèse peut être un outil très performant pour créer un son unique et, dans le cas de cet instrument, toujours évolutif. Dans le même temps, les interfaces gestuelles de Bianchi Hoesch utilisent toujours un *mapping* « divergent » qui confère une grande

souplesse sonore à son instrument.

Concernant notre cas, nous avons choisi d'inclure tous les modules audio-numériques dans l'interface gestuelle pour un accès immédiat. Dans notre conception, l'instrument numérique doit disposer de tous les paramètres d'effets disponibles pour faire face à toutes les situations musicales. Cette option a eu comme conséquence de permettre le lien instrumental direct entre l'homme et la machine. Mais, comme de nombreux chercheurs l'ont prouvé, cette cartographie suscite un intérêt mineur pour l'appréciation des instruments. Alors, pour contrebalancer ce *mapping* direct, nous avons imaginé et implémenté des méthodes de contrôle des paramètres des modules d'effets via un ou plusieurs signaux audios. Cela permet de créer un *mapping* « divergent » car un même geste transforme plusieurs paramètres simultanément. Cependant, pour être bien configurée, cette méthode nécessite d'un certain temps. Il est presque impossible de la paramétrer finement en temps réel. La question de la portabilité du son de l'instrument a été esquissée dans cette thèse, mais cela constitue sans doute une piste d'investigation à considérer dans les versions futures de notre démarche de lutherie.

Lors de nos rencontres avec Lorenzo Bianchi Hoesch, celui-ci nous expliquait que le paradigme de l'enseignement de la composition et de la performance électroacoustique était depuis un certain temps en mutation. Les cours dans les conservatoires et les universités ne se résument plus à l'enseignement des techniques de programmation pour la musique tels que sur *Max/MSP*, *Pure Data* ou *SuperCollider*. Ils se concentrent de plus en plus sur les techniques de composition électroacoustique. Cela est dû au fait que les étudiants puissent trouver facilement des solutions technologiques déjà prêtes à utiliser dans des communautés existantes : logiciels, interfaces, modules audio, *vst*'s, etc. Il suffit d'être membre de quelques forums, groupes Facebook ou plateforme collaborative, pour avoir accès à un vaste nombre de logiciels créés par les membres de ces réseaux sociaux. Pour l'étudiant/musicien, il suffit d'avoir des connaissances de base pour pouvoir adapter les modules acquis à ses propres besoins.

Au cours des dernières années de notre travail de lutherie numérique, nous avons aussi profité de cette disponibilité des communautés au partage de la connaissance. En effet, à quelques reprises, nous avons intégré quelques petits bouts de code pour perfectionner notre instrument. Des modules audios comme celui de la réverbération, ou de la transposition de hauteur ont été copiés tels quels des exemples fournis par les développeurs.

Nous considérons que la disponibilité et le libre accès à la connaissance sont des éléments nécessaires pour le travail de recherche universitaire. Nous souhaitons mettre à la disposition du public notre instrument numérique et ce travail de lutherie. Néanmoins, nous sommes conscients des difficultés que la prise en main de notre instrument pourrait avoir. En effet, nous utilisons des logiciels propriétaires dont les prix peuvent s'avérer prohibitif pour certains musiciens intéressés. Si nous calculons le coût de notre système complet (avec des prix approximatifs), il sera composé d'un ordinateur d'environ 2 000 €, une carte son de 400 €, une tablette de 250 €. À cela, il faut ajouter les logiciels *Max/MSP* de 363 € (la version actuelle) et 50 € pour le *Liine Lemur*, pour un totale d'environ 3060 €.

La solution recherchée pour la continuité de notre travail de lutherie sera alors l'adaptation de cet instrument à des composants à bas prix ou orientés vers l'*open access* et les logiciels libres. En suivant la démarche de notre collègue Olavo Vianna, il est aussi possible de choisir un processeur à bas coût tel que *Bela.io* qui a un prix d'environ 130 €, une tablette graphique à 155 € (pour un équivalente *Android* de l'*iPad*) et le logiciel *Liine Lemur* à 25 € (toujours pour *Android*). De plus, des logiciels qui supportent le protocole OSC peuvent être utilisés, tels que *SuperCollider*. Ainsi pour une somme autour de 300 € nous pourrons avoir un instrument numérique avec les mêmes caractéristiques que le nôtre et un dispositif à prix contenu dédié à la musique.

Notre thèse propose donc une réflexion sur une étape particulière d'un travail itératif de développement et d'évolution d'un système complexe. Les interactions constantes entre l'improvisateur, son instrument et sa pratique musicale font sans cesse émerger de nouvelles idées, de nouveaux besoins. Dans ce sens, notre pratique créative continue avec l'instrument nous mène à le travailler et le retravailler. Cette thèse de recherche-création se veut finalement comme une passerelle entre un discours porté sur l'improvisation libre et un discours fait par l'improvisation libre. Notre double posture nous a ainsi permis de comprendre et de faire dialoguer ces deux approches dans le champ de la musique électroacoustique. L'un nourrissant l'autre, ces enjeux nous ont permis de créer un instrument - *RJ* – qui, avec sa souplesse d'usage, s'adapte à la multiplicité des situations qui caractérisent cette forme libre de la pratique de l'improvisation.

Bibliographie

Livres

ABOUCAYA Jacques et PEYREBELLE Jean-Pierre, *Du be-bop au free jazz : formes et techniques d'improvisation chez C. Parker, M. Davis et O. Coleman*, Toulouse, Presses Univ. du Mirail, Amphi 7 Musique, 2001, 229 p.

BAILEY Derek, *L'improvisation sa nature et sa pratique dans la musique*, Isabelle LEYMARIE (trad.), Outre Mesure., Contrepoints, 2011, 160 p.

BAILEY Derek, *Improvisation: Its Nature and Practice in Music*, New York, Da Capo Press, 1993, 146 p.

BARABÁSI Albert-László, *Linked: How Everything is Connected to Everything Else and What it Means for Business, Science, and Everyday Life*, Perseus Publications., New York, Plume, 2009, 298 p.

BASCOU Charles, EMIYA Valentin et LAURIÈRE Mathieu, *The problem of musical gesture continuation and a baseline system*, Ann Arbor, MI: Michigan Publishing, University of Michigan Library, 2016.

BERIO Luciano, *Entretiens avec Rossana Dalmonte : écrits choisis*, Éditions Contrechamps, 2010, 190 p.

BERTALANFFY Ludwig van, *General System Theory: Foundations, Development, Applications*, New York, Braziller, 2003, 295 p.

BORGO David, *Sync Or Swarm: Improvising Music in a Complex Age*, New York London, Continuum, 2005, 236 p.

BOULEZ Pierre, *Par volonté et par hasard*, Paris, Seuil, 1975, 159 p.

CALVET Louis-Jean, *Chanson et société*, Paris, Payot, Langages et sociétés, 1981, 153 p.

CARDEW Cornelius, *Stockhausen Serves Imperialism, and other Articles*, London, Latimer New Dimensions, 1974, 125 p.

CASTANET Pierre Albert et OTTO Patrick, *L'improvisation musicale collective*, Paris, L'Harmattan, L'univers esthétique, 2016, 354 p.

CHADABE Joel, *Electric sound: the past and promise of electronic music*, Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, 1997, 370 p.

CHION Michel et REIBEL Guy, *Les musiques électroacoustiques*, Aix-en-Provence, Chaudoreille-Edisud, 1976, 339 p.

CLARK Andy, *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*, Paperback Ed., Cambridge, Mass., MIT Press, A Bradford book, 2001, 269 p.

CLARK James J., *Advanced Programming Techniques for Modular Synthesizers*, 2003, n° (en ligne), consulté le 22 septembre 2018, URL : https://www.cim.mcgill.ca/~clark/nordmodularbook/nm_book_toc.html.

COBUSSEN Marcel, *The Field of Musical Improvisation*, Leiden University Press (LUP), 2017, 227 p.

DAHLHAUS Carl, *Essais sur la nouvelle musique*, Hans HILDENBRAND (trad.), Genève, Contrechamps éditions, 2004.

DUPRÉ Marcel, *Cours complet d'improvisation à l'orgue vol.1 (exercices preparatoires a l'improvisation libre)*, Edité par Alphonse Leduc., Editions Musicales.

DURAND Daniel, *La systémique*, Paris, Presses universitaires de France, 2013, 128 p.

ECO Umberto, *L'œuvre ouverte*, Chantal Roux DE BÉZIEUX (trad.), Paris, Seuil, Points, n° 107, 1979, 315 p.

FRANK Tenot, *Dictionnaire du jazz*, Larousse, 1967, 255 p.

GAYOU Evelyne, *Le GRM, Groupe de recherches musicales : cinquante ans d'histoire*, Paris, Fayard, Les chemins de la musique, 2007, 520 p.

GIBSON James J., *The Ecological Approach to Visual Perception*, New York, Psychology Press, 2011, 332 p.

GLOBOKAR Vinko, *Individuum-collectivum*, Milano, UNICOPLI, 1986.

GOEHR Lydia, *The Imaginary Museum OF Musical Works: an Essay in the Philosophy of Music*, Rev. ed., Oxford, Oxford Univ. Press, 2007, 314 p.

GOFFMAN Erving, *Les rites d'interaction*, Paris, Ed. de Minuit, Le sens commun, 1998, 230 p.

GRENIER J., *La Philosophie de Jules Lequier*, Belles Lettres. Publications de la Faculté des Lettres d'Alger. Réédition par Calligrammes. 1983., Paris, Quimper, 1936.

ILES Anthony et MATTIN, *Noise & capitalism*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, 2009, 194 p., consulté le 8 octobre 2018, URL : http://www.arteleku.net/audiolab/noise_capitalism.pdf.

LE MOIGNE Jean Louis, *La modélisation des systèmes complexes*, Paris, Dunod, 1999, 178 p.

LE MOIGNE Jean-Louis, *La théorie du système général : théorie de la modélisation*, Paris, Presses universitaires de France, 1994, 360 p.

LEVAILLANT Denis, *L'improvisation musicale : essai sur la puissance du jeu*, Arles, Actes Sud, 1996, 304 p.

LORTAT-JACOB Bernard, *L'improvisation dans les musiques de tradition orale*, Paris, SELAF, Ethnomusicologie, n° 4, 1987, 274 p.

MACHADO Antonio, *Proverbios y cantares XIX*, Campos de Castilla., Madrid, 1912.

MIRANDA Eduardo Reck et WANDERLEY Marcelo M., *New Digital Musical Instruments: Control and Interaction Beyond the Keyboard*, Madison, Wis, A-R, Computer Music and Digital Audio Series, 2006, n° 21, 295 p.

MOLES Abraham André, *Théorie de l'information et perception esthétique*, Paris, Denoël : Gonthier, 1972, 327 p.

MORIN Edgar, *La méthode*, Paris, Seuil, Opus, 2008, 2512 p.

NOBLE Joshua, *Programming Interactivity*, O'Reilly Media, 2009, 736 p., consulté le 15 avril 2017, URL : http://shop.oreilly.com/product/9780596154158.do.

PECQUEUX Anthony et ROUEFF Olivier, *Écologie sociale de l'oreille : enquête sur l'expérience musicale*, Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales, En temps & lieux, n° 9, 2009, 284 p.

PEDLER Emmanuel et CHEYRONNAUD Jacques, *Théories ordinaires*, Paris, Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales, Enquête, n° 10, 2013, 206 p.

PÉTARD Antoine, *L'improvisation musicale : enjeux et contrainte sociale*, Paris, L'Harmattan, 2011, 250 p.

PRESSING Jeff, *Improvisation: Methods and Models*, Oxford, Oxford University Press, 2001, 298 p., consulté le 15 octobre 2018, URL : http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780198508465.001.0001/acprof-9780198508465-chapter-7.

PRÉVOST Edwin, *No sound is innocent*, Matching Tye, Essex, Copula, 1995, 191 p.

PUCKETTE Miller, *The Theory and Technique of Electronic Music*, New Jersey, World Scientific, 2007, 331 p.

ROADS Curtis, *Microsound*, Cambridge, Mass, MIT Press, 2001, 409 p.

ROUSSELOT Mathias, *Étude sur l'improvisation musicale : le témoin de l'instant*, Paris, L'Harmattan, Sémiotique et philosophie de la musique, 2012, 162 p.

SADIE Stanley, *The New Grove dictionary of music and musicians*, Repr., London Hong Kong, Macmillan, 1995, 1 p.

SALADIN Matthieu, *Esthétique de l'improvisation libre: expérimentation musicale et politique*, Dijon, Les presses du réel, 2015, 400 p.

SAVOURET Alain, *Introduction à un solfège de l'audible : l'improvisation libre comme outil pratique*, Lyon, Symétrie, 2010, 192 p.

SBORDONI Alessandro, *Improvvisazione oggi*, Lucca, Libreria musicale italiana, 2014, 201 p.

SCHOENBERG Arnold, *Style and idea*, New York, Philosophical Library/Open Road, 1950, 559 p., consulté le 17 septembre 2018, URL : http://public.eblib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=1790408.

SÈVE Bernard, *L'instrument de musique : une étude philosophique*, Paris, Seuil, L'Ordre philosophique, 2013, 367 p.

SMALL Christopher, *Musicking: The Meanings of Performing and Listening*, Wesleyan University Press, 1998, 246 p.

STENSTRÖM Harald, *Free ensemble improvisation*, Thèse de doctorat., Göteborg, Faculty of Fine, Applied and Performing Arts, Academy of Music and Drama, University of Gothenburg, ArtMonitor, n° 13, 2009, 370 p.

TAYLOR Timothy Dean, KATZ Mark et GRAJEDA Tony, *Music, sound, and technology in America: a documentary history of early phonograph, cinema, and radio*, Durham, NC : Duke University Press, 2012.

THOM René, *Modèles mathématiques de la morphogenèse*, Paris, UGE, 1974, n° coll. « 10/ 18 », 320 p.

THOMPSON Evan, *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*, Cambridge, Mass., Belknap Press of Harvard University, 2007, 543 p.

VARELA Francisco J., *Invitation aux sciences cognitives*, Pierre LAVOIE (trad.), Paris, Seuil, 1996, 123 p.

VARELA Francisco J., THOMPSON Evan et ROSCH Eleanor, *L'inscription corporelle de l'esprit : sciences cognitives et expérience humaine*, Véronique HAVELANGE (trad.), Paris, Seuil, 1993, 384 p.

ZORN John, *Arcana: Musicians on Music*, New York, Granary Books : Hips Road, Press Collection (Library of Congress), 2000, 376 p.

WANDERLEY Marcelo M. et BATTIER Marc (dir.), *Trends in Gestural Control of Music*, Ircam, Centre Pompidou, 2000.

Chapitres de livres

BHAGWATI Sandeep, « Comprovisation – Concepts and Techniques », *in* Henrik FRISK et Stefan ÖSTERSJÖ (dir.), *(Re)thinking Improvisation: artistic explorations and conceptual writing*, 2013, pp. 98-104.

BORGO David, « Sync or Swarm: Musical Improvisation and the Complex Dynamics of Group Creativity », *in* Kokichi FUTATSUGI, Jean-Pierre JOUANNAUD et José MESEGUER (dir.), *Algebra, Meaning, and Computation, Essays Dedicated to Joseph A. Goguen on the Occasion of His 65th Birthday*, Springer-Verlag, 2006, pp. 1-24, doi:http://dx.doi.org/10.1007/11780274_1.

BOSSIS Bruno, « Écriture instrumentale, écriture de l'instrument », *in* Sophie STÉVANCE (dir.), *Composer au XXIe siècle: pratiques, philosophies, langages et analyses*, Paris, Vrin, Musicologies, 2010, pp. 119-135.

CADOZ Claude et WANDERLEY Marcelo M., « Gesture - Music », *in* Marcelo M. WANDERLEY (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, 2000, consulté le 28 juin 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01105543.

CANONNE Clément, « Improvisation et enregistrement », *in* Alessandro ARBO et Pierre-Emmanuel LEPHAY (dir.), *Quand l'enregistrement change la musique*, 2017, pp. 195-217, consulté le 11 juin 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01681820.

CARDEW Cornelius, « Towards an Ethic of Improvisation », *in Treatise handbook*, London, Peters, 1971, consulté le 6 août 2018, URL : http://www.ubu.com/papers/cardew_ethics.html.

COLLINS Nicolas, « Live Electronic Music », *in* Nick COLLINS et Julio d'ESCRIVAN RINCÓN (dir.), *The Cambridge companion to electronic music*, 4th pr., Cambridge, Cambridge Univ. Press, Cambridge companions to music, 2010, pp. 38-55.

DAHLHAUS Carl, « Composition et improvisation », *in Essais sur la Nouvelle Musique*, Hans HILDENBRAND (trad.), Genève, Éditions Contrechamps, Essais historiques ou thématiques, 2017, pp. 191-199, consulté le 8 septembre 2019, URL : http://books.openedition.org/contrechamps/1040.

DAHLHAUS Carl, « Problèmes esthétiques de la musique électronique », *in* Philippe ALBÈRA (dir.), *Musiques électroniques : Revue Contrechamps n° 11*, Carlo RUSSI et Vincent BARRAS (trad.), Genève, Éditions Contrechamps, Essais historiques ou thématiques, 2017, pp. 97-106, consulté le 19 mars 2017, URL : http://books.openedition.org/contrechamps/1581.

DE VIVO Raphaël, « Avant-propos », *in* Raphaël DE VIVO et Hugues GENEVOIS (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, 1999, pp. 5-8.

DÉCHELLE François, « JMax: un environnement de programmation pour l'interactivité et le temps réel », *in* Hugues VINET et François DELALANDE (dir.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, HERMES Science Publications, 1999, pp. 85-94, consulté le 13 juillet 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01105545.

DUDAS Richard et SERAFIN Stefania, « An Alternative Controller for a Virtual Bowed String Instrument », *in* Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, 2000.

DUFOURT Hugues, « Prolégomènes à la simulation du geste instrumental », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, 1999, pp. 9-18.

FEIST Sabine, « John Cage and Improvisation: an Unresolved Relationship », *in Musical Improvisation: Art, Education, and Society*, Gabriel Solis and Bruno Nettl., University of Illinois Press, 2009, pp. 38-51.

GOEHR Lydia, « Improvising Impromptu, Or, What to Do with a Broken String », *in* George LEWIS et Benjamin PIEKUT (dir.), *The Oxford handbook of critical improvisation studies*, New York, Oxford University Press, Oxford handbooks, 2016, vol.1.

HUNT Andy et KIRK R, « Mapping Strategies for Musical Performance », *in* Marc BATTIER et Marcelo M. WANDERLEY (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, 2000.

IMBERTY Michel, « Sguardi dello psicologo sull'improvvisazione ed i sui contesti nella musica del XX secolo », *in* Alessandro SBORDONI (dir.), *Improvvisazione oggi*, 2014, pp. 3-14, consulté le 24 avril 2019, URL : https://www.lim.it/it/opere-collettive/1118-sguardi-dello-psicologo-sullimprovvisazione-ed-i-sui-contesti-nella-musica-del-xx-secolo-9788870967838.html.

LABORDE Denis, « Enquête sur l'improvisation », *in La logique des situations : nouveaux regards sur l'écologie des activités sociales*, Éditions de l'EHESS., Paris, Louis Quéré, Michel de Fournel, 1999, pp. 261-299, consulté le 10 septembre 2018, URL : http://books.google.com/books?id=gVzXAAAAMAAJ.

LALIBERTÉ Martin, « Problématique générale des outils dans l'histoire de l'électroacoustique », *in* S. DALLET et A. VEITL (dir.), *Du sonore au musical, 50 années de recherches concrètes*, Paris, l'Harmattan, 2001, pp. 33–53.

LALIBERTÉ Martin, « Émergence et développement de l'informatique musicale », *in* Nicolas DONIN et Laurent FENEYROU (dir.), *Théories de la composition musicale au XXe siècle*, Lyon, France, Symétrie, Symétrie Recherche, 2013, pp. 639-670.

LALIBERTÉ Martin, « Archetypes et paradoxes des instruments de musique », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses., 1999, pp. 121–138.

LANNES Sylvie, « L'improvisation libre à l'écoute de notre modernité », *in* Alain SAVOURET (dir.), *Introduction à un solfège de l'audible : l'improvisation libre comme outil pratique*, Lyon, Symétrie, 2010, pp. 151-159.

LEMAN Marc, DE BRUYN Leen, MAES Pieter-Jan, MOENS Bart et NIJS Luc, « Musique et incarnation : le couplage de l'action et de la perception », *in Musique et sciences de l'esprit*, Collectif, 2012, pp. 109-120, consulté le 15 avril 2019, URL : http://hdl.handle.net/1854/LU-4253195.

MACHOVER Tod et GIUGNO Giuseppe di, « Entretien avec Giuseppe di Giugno », *in Quoi ? Quand ? Comment ? La recherche musicale*, Paris, IRCAM/Christian Bourgois, 1985, pp. 185–196.

MARCHAND Sylvain, « L'analyse de Fourier », *in* François PACHET et Jean-Pierre BRIOT (dir.), *Informatique musicale: du signal au signe musical*, Paris, Hermès Sciences, 2004, pp. 365–402.

MULDER Axel, « Towards a Choice of Gestural Constraints for Instrumental Performers », *in* Marcelo M. WANDERLEY et Marc BATTIER (dir.), *Trends in Gestural Control of Music [CD-ROM]*, Ircam, Centre Pompidou, 2000.

NETTL Bruno, « Preface », *in* Gabriel SOLIS et Bruno NETTL (dir.), *Musical Improvisation: Art, Education, and Society*, University of Illinois Press, 2009.

PASCAL Michel, « Le Studio Instrumental : les données d'une virtuosité à l'intérieur même du son », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, 1999, pp. 157-168.

PRESSING Jeff, « Cognitive Processes in Improvisation », *in Advances in Psychology*, 1984, vol.19, pp. 345-363, doi:10.1016/S0166-4115(08)62358-4.

PRÉVOST Edwin, « Free Improvisation in Music and Capitalism: Resisting Authority and the Cults of Scientism and Celebrity », *in* Anthony ILES et MATTIN (dir.), *Noise & capitalism.*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, 2009, pp. 38-59, consulté le 8 octobre 2018, URL : http://www.arteleku.net/audiolab/noise_capitalism.pdf.

PUCKETTE Miller, « « Computing While Composing. » Preface to the OM Composer's book », *in* Carlos AGON, Gérard ASSAYAG et Jean BRESSON (dir.), *The OM composer's book*, Paris, Ircam - Centre Pompidou, Éditions Delatour France, Collection musique/sciences, 2006, vol.1, p. 5.

RISSET Jean-Claude, « Préface », *in* Makis SOLOMOS (dir.), *Espaces composables : essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris, L'Harmattan, 2007, pp. 5-18.

RISSET Jean-Claude, « Nouveaux gestes musicaux : quelques points de repère historiques », *in* Hugues GENEVOIS et Raphaël DE VIVO (dir.), *Les nouveaux gestes de la musique*, Parenthèses, 1999, pp. 19-33.

RIVEST Johanne, « Aléa - happening - improvisation -œuvre ouverte », *in* Jean-Jacques NATTIEZ (dir.), *Musiques. Une Encyclopédie pour le XXIe Siècle. Vol I*, Arles, Actes Sud, 2003, pp. 474-483.

ROADS Curtis, « L'art de l'articulation : la musique électroacoustique d'Horacio Vaggione », *in* Makis SOLOMOS (dir.), *Espaces composables – essais sur la musique et la pensée musicale d'Horacio Vaggione*, Paris, 2007, pp. 69–88.

SCHIAVIO Andrea et DE JAEGHER Hanne, « Participatory Sense-Making in Joint Musical Practice », *in* Micheline LESAFFRE, Pieter-Jan MAES et Marc LEMAN (dir.), *The Routledge companion to embodied music interaction*, New York London, Routledge Taylor & Francis Group, Routledge companions, 2017, pp. 31-39.

SCHYFF Dylan VAN DER, « Improvisation, Enaction & Self-Assessment », *in* David J. ELLIOTT, Marissa SILVERMAN et Gary E. MCPHERSON (dir.), *The Oxford Handbook of Philosophical and Qualitative Assessment in Music Education*, 2017, URL : DOI: 10.1093/oxfordhb/9780190265182.013.15.

TERUGGI Daniel, « L'interactivité dans les processus de création sonore et musicale », *in* François DELALANDE et Hugues VINET (dir.), *Interfaces homme-machine et création musicale*, Paris, HERMES Science Publications, 1999, pp. 185-193.

TOTH Csaba, « Noise Theory », *in* Anthony ILES et MATTIN (dir.), *Noise & capitalism*, San Sebastián, Spain, Arteleku Audiolab, 2009, consulté le 8 octobre 2018, URL : http://www.arteleku.net/audiolab/noise_capitalism.pdf.

WANDERLEY Marcelo M. et DEPALLE Philippe, « Contrôle gestuel de la synthèse sonore », *in Interfaces homme-machine et création musicale*, Hermès Science, 1999, pp. 145-164, consulté le 2 juillet 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01105544.

Articles de revues

ANIORTÉ Philippe, GOUARDERES Eric et CARIOU E., « Modélisation de systèmes complexes distribués : l'ingénierie des modèles pour l'intégration des paradigmes agent et composant », *2e Journée Multi-Agent et Composant*, mars 2006, Nîmes, pp. 1-11, consulté le 25 mars 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00408644.

BARANSKI Sandrine, « Manières de créer des sons : l'œuvre musicale versus le dispositif musical (expérimental, cybernétique ou complexe) », *Demeter*, Manières de créer des sons, consulté le 5 mars 2017, URL : http://demeter.revue.univ-lille3.fr/lodel9/index.php?id=260.

BARANSKI Sandrine, « L'utilisation de l'émergence dans la création musicale contemporaine comme phénomène psychoacoustique complexe », consulté le 24 mars 2019, URL : https://www.academia.edu/6184793/Lutilisation_de_l%C3%A9mergence_dans_la_cr%C3%A9ation_musicale_contemporaine_comme_ph%C3%A9nom%C3%A8ne_psychoacoustique_complexe.

BARBOSA Álvaro, « Displaced Soundscapes: A Survey of Network Systems for Music and Sonic Art Creation », *Leonardo Music Journal*, décembre 2003, vol. 13, pp. 53-59, doi:10.1162/096112104322750791.

BASCOU Charles et POTTIER Laurent, « GMU, a Flexible Granular Synthesis Environment in Max/MSP », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'05*, 2005, Salerno, Italie, URL : http://smc.afim-asso.org/smc05/papers/CharlesBascou/BufGranul.pdf.

BATTY Joshua, HORN Kipps et GREUTER Stefan, « Audiovisual Granular Synthesis: Micro Relationships Between Sound and Image », *Proceedings of The 9th Australasian Conference on Interactive Entertainment: Matters of Life and Death*, 2013, IE '13, pp. 8:1–8:7, doi:10.1145/2513002.2513568.

BÉRARD Carol, « Recorded Noises. Tomorrow's Instrumentation », *Modern Music*, 1929, vol. 6, n° 2, pp. 28-29.

BHAGWATI Sandeep, « Towards Interactive Onscreen Notations for Comprovisation in Large Ensembles », *Systems Research in the Arts and Humanities*, 2008, pp. 43–49.

BONNERAVE Jocelyn, « Improviser ensemble. De l'interaction à l'écologie sonore », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, mai 2010, n° 18, pp. 87-103, doi:10.4000/traces.4627.

BORGO David, « Improvisation as Art: Conceptual Challenges, Historical Perspectives, Edgar Landgraf », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, janvier 2014, vol. 9, n° 1, consulté le 20 mars 2017, URL : http://www.criticalimprov.com/article/view/2907.

BOZINOVSKI Adrijan et TANEV George, « Studio Technology and its Application in Digital Music Production », *Proceedings of the 10th Conference for Informatics and Information Technology*, avril 2013, URL : http://ciit.finki.ukim.mk/data/papers/10CiiT/10CiiT-39.pdf.

BRENT William, « Aspects of Gesture in Digital Musical Instrument Design », *International Computer Music Conference Proceedings*, 2011, pp. 429-437, consulté le 16 novembre 2018, URL : https://quod.lib.umich.edu/i/icmc/bbp2372.2011.087/1/--aspects-of-gesture-in-digital-musical-instrument-design?page=root;size=150;view=text.

CADOZ Claude, « Interface de communication instrumentale : clavier rétroactif modulaire », *Actes des Journées internationales L'interface des mondes réels et virtuels*, mars 1992, Informatique'92, pp. 43-47, consulté le 22 juin 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00910473.

ÇAMCI Anıl, « GrainTrain: A Hand-drawn Multi-touch Interface for Granular Synthesis », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2018, pp. 156-161.

CANONNE Clément, « Du concept d'improvisation à la pratique de l'improvisation libre », *International Review of the Aesthetics and Sociology of Music*, 2016, vol. 47, n° 1, pp. 17-43, URL : https://www.jstor.org/stable/43869452.

CANONNE Clément, « Quelques réflexions sur improvisation et accident », *Agôn*, 2009, n° 2, L'accident, consulté le 23 avril 2019, URL : http://agon.ens-lyon.fr/index.php?id=1041.

CANONNE Clément, « L'appréciation esthétique de l'improvisation », *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico*, 2013, vol. 6, n° 3, pp. 331-356, doi:10.13128/Aisthesis-14109.

CASCONE Kim, « The Aesthetics of Failure: « Post-Digital » Tendencies in Contemporary Computer Music », *Computer Music Journal*, 2000, vol. 24, n° 4, pp. 12-18, consulté le 16 juillet 2019, URL : https://www.jstor.org/stable/3681551.

CHARLES Carlos López, « Transduction between Image and Sound in Compositional Processes », *Proceedings EMS – Mexico*, 2009, URL : http://www.ems-network.org/ems09/papers/charles.pdf.

CHARLES Jean-François, « A Tutorial on Spectral Sound Processing Using Max/MSP and Jitter », *Computer Music Journal*, vol. 32, n° 3, pp. 87-102.

CHOWNING John M., « The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation », *Journal of the Audio Engineering Society*, septembre 1973, vol. 21, n° 7, pp. 526-534, consulté le 25 juin 2019, URL : http://www.aes.org/e-lib/online/browse.cfm?elib=1954.

CLÉMENT Maurice, « L'improvisation ou : Vivre la musique dans son immédiate », *Pizzicato*, 2012, n° 1.

COLAFRANCESCO J., « L'ambisonie d'ordre supérieur et son appropriation par les musiciens, présentation de la bibliothèque Hoa.lib », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Mons*, 2012.

COSTA Rogério Luiz Moraes, « Livre improvisação e ecologia sonora: uma aproximação a partir da estética da sonoridade », *OPUS, Revista Eletrônica da ANPPOM*, juin 2014, vol. 20, n° 1, pp. 189-206, consulté le 5 mars 2017, URL : http://www.anppom.com.br/revista/index.php/opus/article/view/109.

COUPRIE Pierre, « Improvisation électroacoustique : analyse musicale, étude génétique et prospectives numériques », *Revue de musicologie*, 2012, vol. 98, n° 1, pp. 149-170, consulté le 6 mars 2017, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261200.

COX Geoffrey, « 'There Must Be a Poetry of Sound That None of Us Knows…': Early British documentary film and the prefiguring of musique concrète », *Organised Sound*, août 2017, vol. 22, n° 2, pp. 172-186, doi:10.1017/S1355771817000085.

DAHLHAUS Carl, « Qu'est-ce que l'improvisation musicale ? », *Tracés. Revue de Sciences humaines*, Lucille LISACK et Marion SIÉFERT (trad.), 1 mai 2010, n° 18, pp. 181-196, doi:10.4000/traces.4597.

DARBON Nicolas, « Syntaxe et plasticité musicales depuis 1945 : nouvelles technologies, nouvelles écritures », *Plastir*, septembre 2007, n° 8, Plasticités Sciences Arts, consulté le 20 mars 2017, URL : https://www.plasticites-sciences-arts.org/plastir-n8-092007/.

DAVIES Hugh, « The Preservation of Electronic Musical Instruments », *Journal of New Music Research*, 1 décembre 2001, vol. 30, n° 4, pp. 295-302, doi:10.1076/jnmr.30.4.295.7492.

DE JAEGHER Hanne et DI PAOLO Ezequiel, « Participatory Sense-Making: an Enactive Approach to Social Cognition », *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1 décembre 2007, vol. 6, pp. 485-507, consulté le 3 avril 2019, URL : http://www.springerlink.com/content/p14hn5r110684022/.

DE MARIO Bianca, « Sophie Stévance et Serge Lacasse, Les enjeux de la recherche-création en musique : Institution, définition, formation », *Les Cahiers de la Société québécoise de recherche en musique*, 2014, vol. 15, n° 2, pp. 99-102, doi:https://doi.org/10.7202/1036122ar.

DELALANDE François, « Le geste, outil d'analyse : quelques enseignements d'une recherche sur la gestique de Glenn Gould », *La revue Analyse Musicale*, 1988, vol. 10, pp. 43-46.

DELIC Kemal A. et DUM Ralph, « On the Emerging Future of Complexity Sciences », *Ubiquity*, mars 2006, doi:10.1145/1125357.1279681.

DI SCIPIO Agostino, « « Sound is the Interface »: From Interactive to Ecosystemic Signal Processing », *Organised Sound*, décembre 2003, vol. 8, nº 3, pp. 269–277, doi:10.1017/S1355771803000244.

DI SCIPIO Agostino, « Emergence du Son, Son d'Emergence », *Intellectica*, janvier 2008, n°48-49, Musique et Cognition, pp. 221-249, consulté le 14 mars 2017, URL : http://intellectica.org/fr/numeros/musique-et-cognition.

DUDAS Richard, « "Comprovisation": The Various Facets of Composed Improvisation within Interactive Performance Systems », *Leonardo Music Journal*, 12 novembre 2010, vol. 20, pp. 29-31, doi:10.1162/LMJ_a_00009.

EIGENFELDT Arne, « Real-time Composition or Computer Improvisation? A composer's search for intelligent tools in interactive computer music », *Proceedings EMS – De Montfort/Leicester*, 2007.

FALCI DE SOUZA Fernando, « A Música Visual como alternativa aos modelos computacionais utilizados no controle da Síntese Granular em tempo real », *XV Simpósio Brasileiro de Computação Musical (SBCM)*, 2015, pp. 235-246.

FANTASIA Valentina, DE JAEGHER Hanne et FASULO Alessandra, « We Can Work it Out: an Enactive Look at Cooperation », *Frontiers in Psychology*, 2014, vol. 5, doi:10.3389/fpsyg.2014.00874.

FELS Sidney, « Designing for Intimacy: Creating New Interfaces for Musical Expression », *Proceedings of the IEEE*, 1 mai 2004, vol. 92, pp. 672-685, doi:10.1109/JPROC.2004.825887.

FUJAK Július, « Comprovisation – Notes to Discussion on Validity of the Notion », *Papers | John Cage: man - work - paradox*, 2012, consulté le 4 septembre 2018, URL : http://sme.amuz.krakow.pl/cageconf/notes/.

GABOR Denis, « Theory of Communication. Part 3: Frequency Compression and Expansion », *Journal of the Institution of Electrical Engineers - Part III: Radio and Communication Engineering*, novembre 1946, vol. 93, nº 26, pp. 445-457, doi:10.1049/ji-3-2.1946.0076.

GABOR Denis, « Acoustical Quanta and the Theory of Hearing », *Nature*, 3 mai 1947, vol. 159, nº 4044, pp. 591-594, doi:10.1038/159591a0.

GABOR Denis, « Lectures on Communication Theory », *Technical Report 238*, 1952, Research Laboratory of Electronics. Cambridge, Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.

GASSER Martin et FLEXER Arthur, « FM4 Soundpark: Audio-Based Music Recommendation in Everyday Use », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'09*, janvier 2009, Porto, Portugal.

GLUCK Robert, « Live Electronic Music Performance: Innovations and Opportunities », *Tav+,. Music, Arts, Society magazine*, 2007.

GODDET Laurent, « La compagnie Bailey », *Jazz Hot*, 1979, vol. 360.

GOUDESEUNE Camille, « Interpolated Mappings for Musical Instruments », *Organised Sound*, août 2002, vol. 7, doi:10.1017/S1355771802002029.

GRESHAM-LANCASTER Scot, « The Aesthetics and History of the Hub: The Effects of Changing Technology on Network Computer Music », *Leonardo Music Journal*, 1998, vol. 8, pp. 39-44, doi:10.2307/1513398.

HANNAN Michael, « Interrogating Comprovisation as Practice-led Research », *Speculation and innovation : applying practice led research in the creative industries*, 2006, Queensland University of Technology, URL : https://epubs.scu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1449&context=sass_pubs.

HEIN Fabien, « Bien plus que de la musique ! Le punk rock comme force de participation sociale et politique », *Lien social et Politiques*, 2014, nº 71, pp. 143-158, doi:https://doi.org/10.7202/1024743ar.

HOFF Jullian, « Agône : un outil adapté à une démarche de création en comprovisation électroacoustique », *Actes des Journées informatique musicale*, 2015, Montréal, URL : https://www.erudit.org/en/books/hors-collection/actes-journees-dinformatique-musicale-2015--978-2-9816628-0-4/004424co/.

HUNT Andy et WANDERLEY Marcelo M., « Mapping performer parameters to synthesis engines », *Organised Sound*, août 2002, vol. 7, nº 2, pp. 97-108, doi:10.1017/S1355771802002030.

HUNT Andy, WANDERLEY Marcelo M. et PARADIS Matthew, « The Importance of Parameter Mapping in Electronic Instrument Design », *Journal of New Music Research*, 1 décembre 2003, vol. 32, nº 4, pp. 429-440, doi:10.1076/jnmr.32.4.429.18853.

IAZZETA Fernando, « Performance na música experimental », *Actas do Performa'11 - Encontros de investigação em performance*, 2011, pp. 1-11.

IDDON Martin, « The Haus That Karlheinz Built: Composition, Authority, and Control at the 1968 Darmstadt Ferienkurse », *The Musical Quarterly*, 2004, vol. 87, nº 1, pp. 87-118, consulté le 25 mars 2019, URL : https://www.jstor.org/stable/3600925.

JACOB Robert J. K., SIBERT Linda E., MCFARLANE Daniel C. et MULLEN M. Preston Jr., « Integrality and Separability of Input Devices », *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, mars 1994, vol. 1, nº 1, pp. 3–26, doi:10.1145/174630.174631.

JENSENIUS Alexander Refsum, « To gesture or Not? An Analysis of Terminology in NIME Proceedings 2001–2013 », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2014, London, United Kingdom, pp. 217–220, URL : http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_351.pdf.

JENSENIUS Alexander Refsum et LYONS Michael J., « Trends at NIME—Reflections on Editing « A NIME Reader » », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2016, Brisbane, Australia, 2220-4806, pp. 439–443, URL : http://www.nime.org/proceedings/2016/nime2016_paper0086.pdf.

KALONARIS Stefano, « Interaction-based Analysis of Freely Improvised Music. », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'19*, 2019, Malaga, Spain.

KIM Jin-Ah, « Réflexions sur la comprovisation de Sandeep Bhagwati : théorie et pratique », *Circuit : Musiques contemporaines*, 2018, vol. 28, nº 1, pp. 23-33, doi:10.7202/1044373ar.

LACOMBE Hervé, « L'instrument de musique : identité et potentiel », *Methodos. Savoirs et textes*, 31 mars 2011, nº 11, doi:10.4000/methodos.2552.

LALIBERTÉ Martin, « À la recherche du nouvel instrument », *Entretemps*, 1992, vol. 10, pp. 139-182.

LALIBERTÉ Martin, « Orchestration, mixité et pianisme dans Saturne d'Hugues Dufourt », *Cahiers du Cirem*, 1995, vol. 35–36, pp. 85-110.

LEMAN Marc et MAES Pieter-Jan, « The Role of Embodiment in the Perception of Music », *Empirical Musicology Review*, janvier 2015, vol. 9, nº 3-4, pp. 236-246, doi:10.18061/emr.v9i3-4.4498.

LEVY Benjamin, BLOCH Georges et ASSAYAG Gerard, « OMaxist Dialectics: Capturing, Visualizing and Expanding Improvisations », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2012, Ann Arbor, Michigan, URL : http://www.nime.org/proceedings/2012/nime2012_87.pdf.

LEWIS George E., « Gittin' to Know Y'all: Improvised Music, Interculturalism and the Racial Imagination », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, septembre 2004, vol. 1, nº 1, consulté le 4 octobre 2018, URL : https://www.criticalimprov.com/index.php/csieci/article/view/6/14.

LEWIS George E., « Voyager: Improvised Duos Between Human and Computer Musicians », *Liner Notes*, 1993, Avant/Disc Union.

LEWIS George E., « Too Many Notes: Computers, Complexity and Culture in Voyager », *Leonardo Music Journal*, 1 décembre 2000, vol. 10, pp. 33-39, doi:10.1162/096112100570585.

LEWIS George E., « Interacting with Latter-Day Musical Automata », *Contemporary Music Review*, juin 1999, vol. 18, nº 3, pp. 99-112, doi:10.1080/07494469900640381.

LOVETT Matthew, « The Canonisation of Recorded Improvisations and its Impact on Performance Practice », *Dutch Journal of Music Theory*, 2008, 13 (1), pp. 16-24, consulté le 4 novembre 2015, URL : http://upers.kuleuven.be/sites/upers.kuleuven.be/files/page/files/2008_1_4.pdf.

MAGNUSSON Thor, « Affordances and Constraints in Screen-based Musical Instruments », *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-computer Interaction: Changing Roles*, 2006, NordiCHI '06, pp. 441–444, doi:10.1145/1182475.1182532.

MALT Mikhail et JOURDAN Emmanuel, « Zsa.Descriptors: a Library for Real-Time Descriptors Analysis », *Proceedings of the Sound and Music Computing Conference, SMC'08*, juillet 2008, Berlin, Germany, pp. 134-137.

MAMEDES Clayton, RODRIGUES Mailis, WANDERLEY Marcelo M., MANZOLLI Jônatas, GARCIA Denise H. L. et FERREIRA-LOPES Paulo, « Composing for DMIs Entoa, a Dedicate Piece for Intonaspacio », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2014, London, United Kingdom, pp. 509–512, URL : http://www.nime.org/proceedings/2014/nime2014_411.pdf.

MENARY Richard, « Introduction to the Special Issue on 4E Cognition », *Phenomenology and the Cognitive Sciences*, 1 décembre 2010, vol. 9, doi:10.1007/s11097-010-9187-6.

MILLS Roger et BEILHARZ Kirsty, « Listening Through the Firewall: Semiotics of Sound in Networked Improvisation », *Organised Sound*, février 2012, vol. 17, nº 1, pp. 16-27, doi:10.1017/S1355771811000471.

MOLNAR-SZAKACS Istvan et OVERY Katie, « Music and Mirror Neurons: from Motion to 'E'motion », *Social cognitive and affective neuroscience*, décembre 2006, vol. 1, nº 3, pp. 235-241, doi:10.1093/scan/nsl029.

MÓNICO Lisete, ALFERES Valentim, DE CASTRO Paulo et PARREIRA Pedro, « A Observação Participante enquanto metodologia de investigação qualitativa », *Atas Congresso Ibero-Americano em Investigação Qualitativa 2017*, 1 juillet 2017, pp. 724-733.

MOORE F, « The dysfunctions of MIDI », *Computer Music Journal*, 1 mars 1988, vol. 12, doi:10.2307/3679834.

MORREALE Fabio et MCPHERSON Andrew, « Design for Longevity: Ongoing Use of Instruments from NIME 2010-14 », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2017, Copenhagen, Denmark, pp. 192–197, URL : http://www.nime.org/proceedings/2017/nime2017_paper0036.pdf.

NATOLI Cesare, « Improvvisazione musicale e complessità », *TRÓPOS*, 2011, 2 (IV), Rethinking Creativity: Between Art and Philosophy, pp. 87-102, consulté le 24 avril 2019, URL : https://www.academia.edu/4917215/Improvvisazione_musicale_e_complessit%C3%A0.

NETTL Bruno, « Thoughts on Improvisation: a Comparative Approach », *The Musical Quarterly*, janvier 1974, LX, n° 1, pp. 1-19, doi:10.1093/mq/LX.1.1.

NIEVA Alex, WANG Johnty, MALLOCH Joseph et WANDERLEY Marcelo M., « The T-Stick: Maintaining a 12 year-old Digital Musical Instrument », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, juin 2018, Blacksburg, Virginia, USA, pp. 198–199, URL : http://www.nime.org/proceedings/2018/nime2018_paper0042.pdf.

NIKA Jérôme et CHEMILLIER Marc, « Improvisation musicale homme-machine guidée par un scénario temporel », *Technique et Science Informatiques*, 2014, vol. 33, n° 7-8, pp. 651–684, doi:10.3166/tsi.33.651-684.

NIKA Jérôme et CHEMILLIER Marc, « ImproteK : intégrer des contrôles harmoniques pour l'improvisation musicale dans la filiation d'OMax, », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Mons*, mai 2012.

OLIVEROS Pauline, « Tripping On Wires: The Wireless Body: Who is Improvising? », *Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation*, septembre 2004, vol. 1, doi:10.21083/csieci.v1i1.9.

OSTERTAG Bob, « Why Computer Music Sucks », *Texts on Improvised and Experimental Music*, 2001, vol. 5, n° 1, consulté le 5 juillet 2019, URL : https://bobostertag.wordpress.com/computer-music-sucks/.

PAUL Leonard J., « Granulation of Sound in Video Games », *Audio Engineering Society Conference*, février 2011, 41st International Conference: Audio for Games, pp. 1-6, consulté le 28 mai 2019, URL : http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15760.

PIRES Isabel et JORGE Rui Pereira, « Le son intra et extra-musical : l'importance de l'espace dans 4'33'' de John Cage et Synaphaï de Iannis Xenakis », *Revue Filigrane. Musique, esthétiques, sciences, société*, janvier 2015, Musique et écologies du son. Propositions pratiques pour une écoute du monde, n° 18, consulté le 19 mars 2017, URL : http://revues.mshparisnord.org/filigrane/index.php?id=692.

PLATEL Charles-Edouard, « Les quatre niveaux de réception d'une œuvre électroacoustique », *eContact!*, 12.4, consulté le 19 février 2019, URL : https://econtact.ca/12_4/platel_reception.html.

POLANSKY Larry, « Live Interactive Computer Music in HMSL, 1984-1992 », *Computer Music Journal*, 1994, vol. 18, n° 2, pp. 59-77, doi:10.2307/3680444.

PUCKETTE M., « The Patcher », *Proceedings, ICMC. San Francisco: International Computer Music Association*, 1988, pp. 420–429.

REYNOLDS Craig W., « Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model », *SIGGRAPH Comput. Graph.*, août 1987, vol. 21, n° 4, pp. 25–34, doi:10.1145/37402.37406.

RICHARDS John, « 32kg: Performance Systems for a Post-Digital Age », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2006, Paris, France, pp. 283–287, URL : http://www.nime.org/proceedings/2006/nime2006_283.pdf.

RISSET Jean-Claude, « Le son numérique : une acoustique affranchie de la mécanique ? », *Journal de Physique IV Colloque*, 1992, vol. 02, n° C1, pp. C1-3-C1-11, doi:10.1051/jp4:1992101.

RISSET Jean-Claude, « Évolution des outils de création sonore », *Champs culturels*, 2004, vol. 78, pp. 53-61, consulté le 15 novembre 2018, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00105702.

RISSET Jean-Claude, « Composing in Real-Time? », *Contemporary Music Review*, 1 janvier 1999, vol. 18, n° 3, pp. 31-39, doi:10.1080/07494469900640331.

ROVAN Joseph Butch, WANDERLEY Marcelo M., DUBNOV Shlomo et DEPALLE Philippe, « Instrumental Gestural Mapping Strategies as Expressivity Determinants in Computer Music Performance », *KANSEI - The Technology of Emotion*, octobre 1997, Genes, Italy, pp. 68-73, consulté le 27 juin 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01105514.

RUDY Dario, « Musique improvisée et technologies numériques. Quelles questions, quels problèmes ? », *Anthrovision. Vaneasa Online Journal*, février 2014, 2.1, doi:10.4000/anthrovision.620.

SALADIN Matthieu, « Les Company Weeks de Derek Bailey. Note sur un dispositif scénique pour la pratique de l'improvisation », *Tracés. Revue de sciences humaines*, mai 2010, n° 18, pp. 153-162, doi:10.4000/traces.4589.

SALADIN Matthieu, « La partition graphique et ses usages dans la scène improvisée », *Volume ! La revue des musiques populaires*, mai 2004, 3 : 1, pp. 31-57, doi:10.4000/volume.2048.

SARATH Ed, « A New Look at Improvisation », *Journal of Music Theory*, 1996, vol. 40, n° 1, pp. 1-38, doi:10.2307/843921.

SCHIAVIO Andrea, « Action, Enaction, Inter(en)action », *Empirical Musicology Review*, mai 2015, vol. 9, n° 3-4, pp. 254-262, doi:10.18061/emr.v9i3-4.4440.

SCHYFF Dylan VAN DER, « The Free Improvisation Game: Performing John Zorn's Cobra », *Journal of Research in Music Performance*, mai 2013, printemps, doi:10.21061/jrmp.v0i0.726.

SCHYFF Dylan VAN DER, « Music as a Manifestation of Life: Exploring Enactivism and the « Eastern Perspective » for Music Education », *Frontiers in Psychology*, 27 mars 2015, vol. 6, p. 1, doi:10.3389/fpsyg.2015.00345.

SCHYFF Dylan VAN DER, SCHIAVIO Andrea, WALTON Ashley, VELARDO Valerio et CHEMERO Anthony, « Musical Creativity and the Embodied Mind: Exploring the Possibilities of 4E Cognition and Dynamical Systems Theory », *Music & Science*, janvier 2018, vol. 1, doi:10.1177/2059204318792319.

SCURTO Hugo, BEVILACQUA Frédéric et FRANÇOISE Jules, « Shaping and Exploring Interactive Motion-Sound Mappings Using Online Clustering Techniques », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2017, Copenhagen, Denmark, pp. 410–415, URL : http://www.nime.org/proceedings/2017/nime2017_paper0077.pdf.

SHANNON C. E., « A Mathematical Theory of Communication », *Bell System Technical Journal*, 1948, vol. 27, n° 3, pp. 379-423, doi:10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x.

SOLOMOS Makis, « Notes sur la notion d'« émergence » et sur Agostino Di Scipio », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Paris*, 2005, Université Paris 8, MSH Paris Nord.

SOLOMOS Makis, « Entre musique et écologie sonore : quelques exemples », *Sonorités*, 2012, n° 7, pp. 167-186, consulté le 15 mars 2017, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00769908.

SOLOMOS Makis, « L'écoute musicale comme construction du commun », *Circuit : musiques contemporaines*, 2018, vol. 28, n° 3, pp. 53-64, consulté le 22 mars 2019, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01791468.

SOLOMOS Makis, « From Sound to Sound Space, Sound Environment, Soundscape, Sound Milieu or Ambiance », *Paragraph : A Journal of Modern Critical Theory*, mars 2018, vol. 41, n° 1, pp. 95-109, doi:10.3366/para.2018.0253.

SOLOMOS Makis, « The Granular Connection (Xenakis, Vaggione, Di Scipio...) », *Symposium The Creative and Scientific Legacies of Iannis Xenakis International Symposium, 2006.*, p. [publié a posteriori en italien : « Xenakis e il "circolo granulare" », in Agostino Di Scipio e Paolo Zavagna (éd.), Grani e texture

sonore = revue Musica/Tecnologia n° 10, 2016, pp. 43-66], consulté le 22 avril 2017, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00770088/document.

SOLOMOS Makis, « An introduction to Horacio Vaggione musical-theoretical Thought », *Contemporary Music Review*, 2005, vol. 25, nº 4-5, pp. 311-326, consulté le 29 avril 2017, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00770212.

SOLOMOS Makis et MICHEL Philippe, « Improvisation générative, improvisation libre », *Filigrane. Musique, esthétique, sciences, société.*, [En ligne], Numéros de la revue, Jazz, musiques improvisées et écritures contemporaines, consulté le 19 avril 2019, URL : http://revues.mshparisnord.org/filigrane/index.php?id=395.

TAVARES Tiago Fernandes et MANZOLLI Jônatas, « Query-by-Multiple-Examples: Content-Based Search in Computer-Assisted Sound-Based Musical Composition », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 2014, pp. 397-401.

TEITELBAUM Richard, « The Digital Piano and the Patch Control Language System », *International Computer Music Conference Proceedings*, 1984, vol. 1984, URL : http://hdl.handle.net/2027/spo.bbp2372.1984.029.

TEITELBAUM Richard, « Improvisation, computers and the unconscious mind », *Contemporary Music Review*, 1 octobre 2006, vol. 25, nº 5-6, pp. 497-508, doi:10.1080/07494460600990026.

THIEBAUT Jean-Baptiste, « A Graphical Interface for Trajectory Design and Musical Purposes », *Actes du colloque Journées d'informatique musicale, Paris*, 2005, Université Paris 8, MSH Paris Nord.

THOMSON Phil, « Atoms and Errors: Towards a History and Aesthetics of Microsound », *Organised Sound*, août 2004, vol. 9, nº 2, pp. 207-218, doi:10.1017/S1355771804000299.

THOROGOOD Miles, PASQUIER Philippe et EIGENFELDT Arne, « Audio Metaphor: Audio Information Retrieval for Soundscape Composition », *Proceedings of the 9th Sound and Music Computing conference, SMC'12*, 1 juillet 2012, Copenhagen, Denmark, pp. 372-378.

TIFFON Vincent, « Les musiques mixtes : entre pérennité et obsolescence », *Musurgia*, 2005, vol. 12, nº 3, pp. 23-45, consulté le 11 juillet 2019, URL : https://www.jstor.org/stable/40591401.

TORRANCE Steve et SCHUMANN Frank, « The spur of the moment: what jazz improvisation tells cognitive science », *AI & SOCIETY*, 28 mars 2018, doi:10.1007/s00146-018-0838-4.

TORRES-SOSA Christian, HUANG Sui et ALDANA Maximino, « Criticality is an Emergent Property of Genetic Networks that Exhibit Evolvability », *PLOS Computational Biology*, 6 septembre 2012, vol. 8, nº 9, doi:10.1371/journal.pcbi.1002669.

TRUAX Barry, « Real-Time Granular Synthesis with a Digital Signal Processor », *Computer Music Journal*, 1988, vol. 12, nº 2, p. 14, doi:10.2307/3679938.

VAGGIONE Horacio, « Some Ontological Remarks about Music Composition Processes », *Computer Music Journal*, 2001, vol. 25, nº 1, pp. 54-61, consulté le 25 juin 2019, URL : https://www.jstor.org/stable/3681635.

VAGGIONE Horacio, « Composition musicale : représentations, granularités, émergences », *Intellectica*, 2008, vol. 48, nº 1, pp. 155-174, doi:10.3406/intel.2008.1244.

VAGGIONE Horacio, « Jeux d'espaces : conjonctions et disjonction », *Lien : Revue d'Esthétique Musicale. L'espace du son II*, 1991, pp. 119-122.

VAGGIONE Horacio, « Perspectives de l'électroacoustique », *Chimères*, 2002, vol. 40, pp. 57–67.

VAGGIONE Horacio, « Articulating Microtime », *Computer Music Journal*, 1996, vol. 20, n° 2, pp. 33-38, doi:10.2307/3681329.

VANDE GORNE Annette, « Une histoire de la musique électroacoustique », *Esthétique des arts médiatiques*, 1995, Presses de l'Université du Québec, Montréal, Tome 1, URL : http://joy.nujus.net/files/proj/revue/content/asr3_07.html.

VARGAS António Pinho, « A ausência da música portuguesa no contexto europeu: Uma investigação em curso », *Revista Crítica de Ciências Sociais*, octobre 2007, n° 78, pp. 47-69, doi:10.4000/rccs.754.

VASSILANDONAKIS Yiorgos, « An Interview with Trevor Wishart », *Computer Music Journal*, 20 mai 2009, vol. 33, n° 2, pp. 8-23, doi:10.1162/comj.2009.33.2.8.

WAISVISZ Michel, « Riding the Sphinx — Lines about 'Live' », *Contemporary Music Review*, janvier 1999, vol. 18, n° 3, pp. 119-126, doi:10.1080/07494469900640401.

WAISVISZ Michel, « Gestural round table », *STEIM Writings,* p. 7, consulté le 5 mars 2019, URL : http://steim.org/media/papers/Gestural%20round%20table%20-%20Michel%20Waisvisz.pdf.

WANDERLEY Marcelo M. et ORIO Nicola, « Evaluation of Input Devices for Musical Expression: Borrowing Tools from HCI », *Computer Music Journal*, 2002, vol. 26, n° 3, pp. 62-76, consulté le 31 juillet 2019, URL : https://www.jstor.org/stable/3681979.

WANDERLEY Marcelo M., SCHNELL Norbert et BUTCH ROVAN Joseph, « ESCHER - Modeling and Performing Composed Instruments in Real-Time », *SMC'98 Conference Proceedings*, 11 novembre 1998, vol. 2, 1998 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp. 1080-1084 vol.2, doi:10.1109/ICSMC.1998.727836.

WEAVER Warren, « Science and Complexity », *American Scientist*, 1948, vol. 36, n° 536–544.

WHITELEY Sheila, « Contre-cultures : musiques, théorie et scènes », *Volume ! La revue des musiques populaires*, 15 septembre 2012, 9 : 1, pp. 5-16, consulté le 19 avril 2019, URL : http://journals.openedition.org/volume/3056.

ZADEL Mark et SCAVONE Gary, « Laptop performance: Techniques, Tools, and a New Interface Design », *Proceedings of the International Computer Music Conference*, 2006, pp. 643–648, URL : http://hdl.handle.net/2027/spo.bbp2372.2006.132.

ZBYSZYNSKI Michael, WRIGHT Matthew, MOMENI Ali et CULLEN Daniel, « Ten Years of Tablet Musical Interfaces at CNMAT », *Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2007, New York City, NY, United States, pp. 100–105, URL : http://www.nime.org/proceedings/2007/nime2007_100.pdf.

ZOYA Leonardo Gabriel Rodriguez et ROGGERO Pascal, « Sur le lien entre pensée et système complexes », *Hermes, La Revue*, 2011, n° 60, n° 2, pp. 151-156, consulté le 13 février 2019, URL : https://www.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2011-2-page-151.htm.

Thèses de doctorat

BARANSKI Sandrine, *La musique en réseau, une musique de la complexité ?*, thèse de doctorat, Université Charles de Gaulle, 2009, 570 p.

BARKATI Karim, *Entre temps réel et temps différé : pratiques, techniques et enjeux de l'informatique dans la musique contemporaine*, thèse de doctorat, Université Paris 8, 2009, 348 p.

BOURGEOIS André Louis, *Unifying Concerns and Entente: Locating and Pursuing the Idiomaticity of Free Improvisation*, thèse de doctorat, Université de Perpignan, 2017, 315 p., consulté le 15 octobre 2018, URL : http://www.theses.fr/2017PERP0007.

BRICOUT Romain, *Les enjeux de la lutherie électronique : de l'influence des outils musicaux sur la création et la réception des musiques électroacoustiques*, thèse de doctorat, Université Lille 3, 2009, consulté le 13 septembre 2019, URL : http://www.theses.fr/2009LIL30081.

CANONNE Clément, *L'improvisation collective libre : de l'exigence de coordination à la recherche de points focaux. Cadre théorique. Analyses. Expérimentations*, thèse de doctorat, Saint-Etienne, Université Jean Monnet, 2010, 394 p., consulté le 13 mars 2017, URL : https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00676796.

CELMA HERRADA Òscar, *Music recommendation and discovery in the long tail*, thèse de doctorat, Barcelona, Universitat Pompeu Fabra, 2009, 252 p., consulté le 1 septembre 2018, URL : http://repositori.upf.edu/handle/10230/12223.

CONSTANZO Rodrigo, *Composition, Performance, and Making Things, sitting in a tree : Me-Me-Me-Me-Me-Me-Me*, thèse de doctorat, University of Huddersfield, 2016, consulté le 3 octobre 2019, URL : http://www.rodrigoconstanzo.com/thesis-fine-print/.

COUTURIER Jean-Michel, *Utilisation avancée d'interfaces graphiques dans le contrôle gestuel de processus sonores*, thèse de doctorat, Aix-Marseille 2, 2004, 178 p., consulté le 16 juin 2019, URL : http://www.theses.fr/2004AIX22074.

DUFEU Frédéric, *Mémoires artificielles et outils de création musicale : conséquences de l'emploi des lutheries électroniques et numériques sur la conception et l'appréhension des musiques électroacoustiques*, thèse de doctorat, Université Rennes 2, 2010, consulté le 16 novembre 2018, URL : http://www.theses.fr/148784461.

FALCI DE SOUZA Fernando, *Música visual granular*, thèse de doctorat, Campinas, São Paulo, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2016, 163 p., consulté le 1 mai 2017, URL : http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000968809&fd=y.

FURLANETE Fábio Parra, *Modelagem de interações musicais com dispositivos informáticos*, thèse de doctorat, Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes, 2010, 143 p., consulté le 13 mars 2017, URL : http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000770158.

GARCIA REYES Juan Rodrigo, *L'énaction et l'art sonore numérique*, Thèse de doctorat, Paris 8, 2011, 301 p., consulté le 8 avril 2019, URL : https://octaviana.fr/document/172759005#?c=0&m=0&s=0&cv=0.

GOMES José Alberto Sousa, *Composing with Soundscapes : Capturing and Analysing Urban Audio for a Raw Musical Interpretation*, Thèse de doctorat, Universidade Católica Portuguesa, 2015, 285 p., consulté le 1 septembre 2018, URL : https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/18569.

JORDÀ Sergi, *Digital Lutherie Crafting musical computers for new musics: performance and improvisation*, thèse de doctorat, Universitat Pompeu Fabra, 2005, 531 p.

KOLLIAS Phivos-Angelos, *Vers une pensée musicale orientée-système : l'œuvre musicale auto-organisante*, thèse de doctorat, Université Paris 8, 2017, 702 p.

LABORDE Denis, *Le bertsulari : improvisation chantée et rhétorique identitaire en pays Basque*, thèse de doctorat, Paris, EHESS, 1993, 702 p., consulté le 8 septembre 2018, URL : http://www.theses.fr/1993EHES0019.

MAGNUSSON Thor, *Epistemic Tools: The Phenomenology of Digital Musical Instruments*, thèse de doctorat, University of Sussex, 2009, 407 p.

MCCARTNEY Andra, *Creating Worlds for my Music to Exist: How Women Composers of Electroacoustic Music Make Place for their Voices*, mémoire de master, North York, York University, 1997, 283 p., consulté le 24 septembre 2019, URL : https://www.academia.edu/194482/Creating_Worlds_for_my_Music_to_Exist_How_Women_Composers_of_Electroacoustic_Music_Make_Place_for_their_Voices.

MILLS Roger, *Tele-Improvisation: a Multimodal Analysis of Intercultural Improvisation in Networked Music Performance*, thèse de doctorat, Sidney, University of Technology, 2014, 272 p., URL : https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/31925/1/01front.pdf.

PELZ-SHERMAN Michael, *A Framework for Analysis of Performer Interactions in Improvised Art Music*, Doctoral thesis, University of California, San Diego, 1998, 214 p., consulté le 17 août 2019, URL : https://www.academia.edu/6430727/A_Framework_for_Analysis_of_Performer_Interactions_in_Improvised_Art_Music.

TRESTINI Marc, *Théorie des systèmes complexes appliquée à la modélisation d'environnements numériques d'apprentissage de nouvelle génération*, HDR, Université de Strasbourg, 2016, consulté le 6 mars 2017, URL : https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01432687.

VILLAVICENCIO Cesar, *The Discourse of Free Improvisation. A Rhetorical Perspective on Free Improvised Music*, thèse de doctorat, Norwich, UK, School of Music, University of East Anglia, 2008.

WANDERLEY Marcelo M., *Interaction musicien - instrument : application au contrôle gestuel de la synthèse sonore*, thèse de doctorat, Paris 6, 2001, consulté le 9 septembre 2018, URL : http://www.theses.fr/2001PA066175.

Sites web consultés

BIANCHI HOESCH Lorenzo, « Biographie », consulté le 22 août 2018, URL : http://www.lorbi.info/wp/?page_id=7, http://www.lorbi.info/wp/?page_id=7.

BOSSIS Bruno, « 6.3 Les échantillonneurs », *Session 6 - De la musique mixte à l'interactivité*, avril 2005, consulté le 13 septembre 2017, URL : http://portal.unesco.org/culture/fr/ev.php-URL_ID=26604&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html.

CASSERLEY Lawrence, « Evan Parker Electro-Acoustic Ensemble », *Free RadiCCAls festival*, 2013, consulté le 12 juillet 2019, URL : http://www.lcasserley.co.uk/EP-EAE-SL.html.

CHARLES Jean-François, consulté le 22 septembre 2019, URL : https://www.jeanfrancoischarles.com/.

CLARK James J., « Frequency and Pitch Shifting », *Advanced Programming Technics for Modular Synthesizers*, consulté le 22 septembre 2018, URL : https://www.cim.mcgill.ca/~clark/nordmodularbook/nm_spectrum_shift.html.

COMAJUNCOSAS Josep, « La Roda (2010) – Barcelona Laptop Orchestra », consulté le 28 juin 2019, URL : https://blo.cat/?p=131&lang=ca.

COTHENET Fabien, « Musinfo », *Musinfo*, 27 août 2014, consulté le 22 septembre 2019, URL : http://musinfo.fr/fr/musinfo.

COTHENET Fabien, « Sampo », *Musinfo*, 27 août 2014, consulté le 22 septembre 2019, URL : http://musinfo.fr/fr/recherche/sampo.

DROUET Camille, LAMONTAGNE Samuel et PERINI Arthur, *Étude des publics au Centquatre : programmation des musiques électroniques* [Rapport], EHESS, 2015.

FEHRENBACH Gabriel, « Twilight music », *Telepolis*, 2002, Heise online, consulté le 16 septembre 2019, URL : https://www.heise.de/tp/features/Twilight-music-3519957.html.

FERAND Ernst, « Improvisation », *in Encyclopédie de la musique*, Paris, Fasquelle éditeurs, 1959.

FRITH Fred, « Selected Discography », consulté le 22 avril 2018, URL : http://www.fredfrith.com/326-2/.

GENEVOIS Hugues, « Geste et pensée musicale, de l'outil à l'instrument », *Portail vidéo de l'Université de Rouen Normandie*, consulté le 15 février 2019, URL : https://webtv.univ-rouen.fr/permalink/v125879a246cd7c1blvm/.

GIRONNAY Kevin, « Site web personnel », *Kevin Gironnay*, consulté le 11 avril 2019, URL : https://kevingironnay.com/.

HOUGE Ben, « The Tomb of the Grammarian Lysias – Aesthetic Cartography », consulté le 22 août 2018, URL : http://www.benhouge.com/writings/?p=901.

JOY Jérôme, « Introduction à une histoire de la télémusique », *Wikipédia (version augmenté)*, consulté le 21 janvier 2017, URL : http://joy.nujus.net/2010_JOY_HistoireTelemusique_fr.pdf.

LAKE Steve, « Evan Parker Electro-Acoustic Ensemble », *Free RadiCCAls festival, Centre for Contemporary Arts, Glasgow*, 2004, consulté le 12 juillet 2019, URL : http://www.lcasserley.co.uk/EP-EAE-SL.html.

LE CALVÉ Maxime, « Performing "New" Music: Ethnographies of Musical Creativities », *Performing "New" Music: Ethnographies of Musical Creativities*, consulté le 15 juin 2019, URL : https://workshopmusicalcreativities.wordpress.com/.

LEVY Benjamin, *Omax, the software improviser* [Rapport], Paris, Ircam, 2012.

LIINE, *Lemur User Guide* [Rapport], 2014.

MARTIN Jean, « Derek Bailey interview Aug 96 », consulté le 19 octobre 2018, URL : http://www.efi.group.shef.ac.uk/fulltext/mbailin2.html.

MAYS Tom, « TapeMovie », consulté le 6 mars 2017, URL : http://www.tapemovie.org/.

NORRIS Michael, « Soundmagic Spectral », consulté le 14 décembre 2018, URL : http://www.michaelnorris.info/software/soundmagic-spectral.

OPIE Timothy, « Granular Synthesis: Software », consulté le 29 mai 2019, URL : https://www.granularsynthesis.com/software.php.

PERAZA Gabriel, « Site web personnel », consulté le 11 avril 2019, URL : https://www.gabrielperaza.com/about.

REES Marc, « Obsolescence programmée : le point sur le dossier Apple en France », *Next Impact*, 23 avril 2018, consulté le 20 septembre 2018, URL : https://www.nextinpact.com/news/106504-obsolescence-programmee-point-sur-dossier-apple-en-france.htm.

REYNOLDS Craig W., « Not Bumping Into Things », consulté le 13 septembre 2018, URL : http://www.red3d.com/cwr/nobump/nobump.html.

RIVEST Johanne, « Aléa - happening - improvisation - œuvre ouverte », *in* Jean-Jacques NATTIEZ (dir.), *Enciclopedia della musica*, Torino, Einaudi, 2001, vol.III, pp. 312-321.

ROLIN Etienne, « Comprovisation », *etiennerolinart*, 18 juillet 2014, consulté le 3 septembre 2018, URL : https://etiennerolinart.wordpress.com/a-propos/.

SAKONDA Nobuyasu, « Profile », consulté le 18 septembre 2017, URL : http://formantbros.jp/sako/profile.html.

SMITH Steven W., « The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing », consulté le 12 septembre 2018, URL : http://www.dspguide.com/.

TAYLOR Gregory, « Tutorial: gen~ for Beginners, Part 1: A Place to Start | Cycling '74 », consulté le 1 avril 2019, URL : https://cycling74.com/tutorials/gen~-for-beginners-part-1-a-place-to-start.

THIEBAUT Jean-Baptiste, « Patchs Max/MSP/Jitter », consulté le 12 juillet 2013, URL : http://jbthiebaut.free.fr/en/max.htm.

THOMAS Philip, « Comprovisation », consulté le 22 avril 2018, URL : http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/5705/1/flyer_aw_ok.pdf.

VILLASEÑOR Diego, « Aaron Oppenheim On Laptop Based Improvisation », , *Experinautas*, 17 août 2016, consulté le 26 mars 2019, URL : http://experinautas.com/interviews/aaron-oppenheim-laptop-based-improvisation/.

VINCENOT Julien, « Site web personnel », consulté le 11 avril 2019, URL : http://julienvincenot.com/?page_id=29.

WENDLING Wilfried, « Artaud cité », *Lieux Publics*, consulté le 13 février 2019, URL : https://www.lieuxpublics.com/fr/actes-artistiques/272/artaud-cite.

« Programa de acompanhamento e improvisação », consulté le 13 août 2019, URL : http://www.institutogregoriano.pt/NEWprogAcompImprov.pdf.

« Conseil de recherches en sciences humaines, Gouvernement du Canada », 11 mai 2012, consulté le 4 août 2019, URL : http://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programs-programmes/definitions-fra.aspx#a25.

« Activités MUSIDANSE 2019 », consulté le 5 septembre 2019, URL : https://mensuel.framapad.org/p/1Rp9gRQtjI.

« Critical Studies in Improvisation / Études critiques en improvisation », consulté le 12 mars 2017, URL : https://www.criticalimprov.com/.

« International Institute for Critical Studies in Improvisation », *IICSI*, consulté le 11 mars 2019, URL : http://improvisationinstitute.ca/.

« Improvisation : étymologie de « improvisation » », *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*, consulté le 22 novembre 2016, URL : https://www.cnrtl.fr/etymologie/improvisation.

« Idiome : Définition de « idiome » », *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales*, consulté le 5 octobre 2018, URL : https://www.cnrtl.fr/definition/idiome.

« Santa Fe Institute », consulté le 22 octobre 2018, URL : https://www.santafe.edu/.

« Musique et complexité : autour d'Edgar Morin et Jean-Claude Risset », *Centre de documentation de la musique contemporaine*, 28 octobre 2008, consulté le 12 mai 2017, URL : http://www.cdmc.asso.fr/fr/actualites/saison-cdmc/musique-complexite.

« Définitions : apprentissage - Dictionnaire de français Larousse », *Éditions Larousse*, consulté le 18 mars 2017, URL : http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/apprentissage/4748.

« Locustream », *Locus Sonus*, consulté le 15 juin 2017, URL : http://locusonus.org/wiki/index.php?page=Locustream.en.

« Restitution de l'atelier d'écriture scénique des apprentis régisseurs - jeudi 21 juin à 19h30 », *CFA MS | Centre de Formation d'Apprentis des Métiers du Spectacle*, 18 juin 2018, consulté le 13 juillet 2018, URL : https://www.cfa-spectacle.com/restitution-de-latelier-decriture-scenique-des-apprentis-regisseurs-jeudi-21-juin-a-19h30/.

« L'Institut Méditerranéen des Métiers du Spectacle à Marseille », *CFA MS | Centre de Formation d'Apprentis des Métiers du Spectacle*, consulté le 13 juillet 2019, URL : https://www.cfa-spectacle.com/le-lieu/presentation-de-l-imms/.

« MIDI Specifications », *MIDI Association*, consulté le 27 février 2019, URL : https://www.midi.org/specifications.

« Ars Electronica », *Ars Electronica*, consulté le 28 juillet 2019, URL : https://ars.electronica.art/.

« JunXion | STEIM », consulté le 18 juin 2019, URL : http://steim.org/junxion/.

« Libmapper: a library for connecting things », consulté le 18 août 2019, URL : http://libmapper.github.io/.

« Network Performing Arts Production Workshop », consulté le 2 mai 2019, URL : https://www.terena.org/activities/network-arts/barcelona/programme2.html.

« Djazz - Digital Jazz | Research », consulté le 21 septembre 2019, URL : http://digitaljazz.fr/research/.

« International Conference on Technologies for Music Notation and Representation », *TENOR*, consulté le 5 septembre 2019, URL : https://www.tenor-conference.org/.

« Lorenzo Bianchi Hoesch », *Base de documentation sur la musique contemporaine*, consulté le 22 août 2018, URL : http://brahms.ircam.fr/lorenzo-bianchi-hoesch.

« Spat », *IRCAM Forumnet*, consulté le 16 février 2019, URL : http://forumnet.ircam.fr/product/spat-en/.

« Max 6 Help and Documentation », consulté le 4 septembre 2017, URL : https://docs.cycling74.com/max6/dynamic/c74_docs.html.

« Max Objects Database », consulté le 21 juin 2019, URL : http://www.maxobjects.com/.

« SuperVP pour Max », consulté le 2 septembre 2019, URL : http://forumnet.ircam.fr/fr/produit/supervp-pour-max/.

« Max/MSP externals - IMTR », consulté le 15 juin 2019, URL : http://imtr.ircam.fr/imtr/Max/MSP_externals.

« OSCulator », consulté le 2 septembre 2019, URL : https://osculator.net/.

« GIMP - GNU Image Manipulation Program », consulté le 10 mai 2019, URL : https://www.gimp.org/.

« Project: Live at Gaité Lyrique », *Cycling '74*, consulté le 22 juillet 2018, URL : https://cycling74.com/projects/live-at-gaite-lyrique/.

« Leap Motion », *Leap Motion*, consulté le 15 mai 2019, URL : https://www.leapmotion.com/.

« Unmapped - Fulgurite », *Elli Records*, consulté le 12 juin 2018, URL : https://www.elli.media/releases/unmapped-fulgurite/.

« Unmapped : The Plant », consulté le 22 septembre 2019, URL : https://www.deezer.com/fr/album/9582634.

« Promotional EP », *SoundCloud*, consulté le 12 juin 2019, URL : https://soundcloud.com/unmapped/sets/unmapped-promotional-ep.

« Concierto para piano y orquesta, José Manuel López López », consulté le 9 juin 2019, URL : http://brahms.ircam.fr/works/work/29887/.

« Mira iPad App for Max | Cycling '74 », consulté le 29 août 2019, URL : https://cycling74.com/products/mira.

« Kaoss Pad - Dynamic Effect/Sampler », consulté le 25 juillet 2017, URL : https://www.korg.com/us/products/dj/kaoss_pad_kp3_plus/.

« Arduino », consulté le 19 juillet 2019, URL : https://www.arduino.cc/.

« Bela: The platform for beautiful interaction », consulté le 19 juillet 2019, URL : https://bela.io/.

« Site web personnel », consulté le 19 juillet 2019, URL : https://www.fredrikolofsson.com/.

« Fredrik Olofsson », consulté le 19 juillet 2019, URL : http://sccode.org/fredrik-olofsson.

« The MacBook Pro is a lie », *The Verge*, consulté le 25 mars 2018, URL : https://www.theverge.com/2016/11/7/13548052/the-macbook-pro-lie.

« GRM Tools », *INA - GRM*, consulté le 25 mars 2018, URL : http://www.inagrm.com/grmtools.

« Projets au GMEM », *GMEM Marseille - CNCM*, consulté le 20 août 2018, URL : http://gmem.org/recherche/projets/.

« Liine.net », *Liine*, consulté le 20 septembre 2018, URL : https://Liine.net/.

« Artists using Liine Lemur », *Liine*, consulté le 20 septembre 2018, URL : https://Liine.net/en/community/artists/.

« Max objets », *CNMAT*, consulté le 12 septembre 2018, URL : https://cnmat.berkeley.edu/downloads.

« GMU – Granular Synthesis Environment », *GMEM Marseille - CNCM*, consulté le 20 août 2018, URL : http://gmem.org/recherche/gmu-granular-synthesis-environment/.

« OSC », *OpenSoundControl*, consulté le 1 septembre 2019, URL : http://opensoundcontrol.org/.

« Liine Forum », *Liine Lemur*, consulté le 1 septembre 2019, URL : https://forum.liine.net/.

« Ambipan~ », *CICM - Centre de recherche Informatique et Création Musicale*, consulté le 2 mars 2017, URL : http://cicm.mshparisnord.org/index.html.

« Poly.ambipan~ », *CICM - Centre de recherche Informatique et Création Musicale*, consulté le 2 mars 2017, URL : http://cicm.mshparisnord.org/index.html.

« A Tour of Filtering Tools in Max », *Cycling '74*, consulté le 17 avril 2019, URL : https://cycling74.com/articles/a-tour-of-filtering-tools-in-max.

« Audacity », consulté le 25 mai 2018, URL : https://www.audacityteam.org/.

« Gverb », *HighFidelity*, 31 mai 2019, consulté le 25 mai 2018, URL : https://github.com/highfidelity/gverb.

« GVerb », *Audacity Manual*, consulté le 25 mai 2018, URL : https://ttmanual.audacityteam.org/o/man/gverb.html.

« Evolution », *GRM Tools*, consulté le 14 décembre 2018, URL : https://inagrm.com/en/store/product/5/evolution.

« Site web personnel », *Eric Singer*, consulté le 5 septembre 2019, URL : http://www.singerbots.com/bio.

« IPhone Battery and Performance », *Apple Support*, consulté le 20 septembre 2018, URL : https://www.apple.com/iphone-battery-and-performance/.

« TouchOSC », *hexler.net*, consulté le 8 août 2019, URL : https://hexler.net/products/touchosc.

« MidiPad 2 », consulté le 25 août 2019, URL : http://midipadapp.com/.

« Multitouch and Gesture info », *Usine Hollyhock Manual*, consulté le 29 août 2019, URL : http://www.sensomusic.org/manual/en/patching/multi-touch.

« Núcleo Interdisciplinar de Comunicação Sonora », consulté le 1 octobre 2016, URL : https://www.nics.unicamp.br/institucional/sobre-o-nics/.

Table des matières

Remerciements ... **3**
Résumé et mots-clés ... **5**
Abstract and keywords ... **6**
Sommaire ... **7**

Introduction générale ... **11**
Problématique ... **14**
Cadre théorique ... **15**
Méthodologie ... **17**
Plan de la thèse ... **21**

Partie 1 Concepts et problématiques de l'improvisation musicale ... **23**
Introduction à la première partie ... **25**
Chapitre 1 L'improvisation musicale ... **26**
1.1 Étymologie et nécessité historique de la notion ... 27
1.2 L'émergence de l'improvisation libre ... 31
1.2.1 Les années 1950-1960 : l'œuvre ouverte, le hasard, l'aléatoire ... 32
1.2.2 L'influence du jazz ... 34
1.2.3 Du caractère dada des années 1960 à maintenant ... 37
1.3 Caractérisation de l'improvisation musicale ... 39
1.4 Une hétérogénéité des pratiques ... 43
1.4.1 De la composition à l'improvisation ... 44
1.4.1.1 La propriété de l'œuvre ... 49
1.4.1.2 Les temporalités dans la création musicale ... 49
1.4.2 La comprovisation ... 54
1.4.3 Taxonomie de l'improvisation musicale ... 57
1.4.3.1 Improvisation guidée, structurée ... 58
1.4.3.2 Improvisation idiomatique vs improvisation non-idiomatique ... 59
1.4.3.3 Improvisation libre ... 63
Chapitre 2 Improvisation et complexité ... **67**
2.1 Complexités et systèmes complexes ... 68
2.2 Caractérisation des systèmes complexes ... 72
2.2.1 Le système de l'improvisation musicale ... 74
2.2.1.1 Interaction ... 76
2.2.1.2 Totalité / globalité ... 77

2.2.1.3 Organisation ... 78
2.2.2 Spécificités de la complexité ... 79
2.2.3 Les constituants ... 80
2.2.4 L'ouverture du système d'improvisation ... 83
2.2.5 Rétroaction, auto-organisation, état stationnaire ... 85
2.2.6 Propriétés émergentes ... 88
2.2.6.1 L'apprentissage des connexions ... 92
2.3 Les interactions entre les constituants du système ... 95
2.3.1 Les instrumentistes ... 96
2.3.2 Les instruments de musique : numériques, acoustiques ... 100
2.3.3 Le système de diffusion sonore ... 104
2.3.4 L'espace de la performance et le milieu sonore ... 105
2.3.5 Le public ... 109
Chapitre 3 L'improvisation musicale selon la perspective de la cognition ... 113
3.1 Les paradigmes de la cognition ... 114
3.2 L'enaction et la production collective du sens ... 117
3.3 La cognition musicale incarnée, située et élargie ... 122
3.4 L'évolution de l'improvisation musicale ... 125
Conclusions de la première partie ... 129
Partie 2 L'improvisation musicale et la technologie ... 131
Introduction à la deuxième partie ... 133
Chapitre 4 Musique électroacoustique improvisée et lutherie numérique ... 134
4.1 Le rôle de la technologie dans la création musicale ... 135
4.1.1 L'évolution technologique et la société ... 141
4.2 Le temps réel et le temps différé ... 143
4.3 L'improvisation musicale mixte ... 146
4.4 Les nouvelles technologies sur scène ... 151
4.5 Les enjeux de la lutherie numérique ... 156
4.5.1 À la recherche de nouveaux instruments pour une nouvelle musique ... 157
4.5.2 L'instrument de musique comme extension du musicien ... 160
4.5.3 Interaction et interactivité ... 163
4.5.4 Vers une définition de l'instrument numérique ... 164
4.5.4.1 L'interface gestuelle ... 168
4.5.4.1.1 Les contrôleurs alternatifs ... 169
4.5.4.1.2 Le geste instrumental avec les nouvelles technologies ... 170
4.5.4.2 Le moteur sonore ... 173
4.5.4.3 Le *mapping* ... 175
4.5.5 Le work in progress dans la lutherie numérique ... 178

4.5.6 Les instruments numériques entre évolution et évaluation 179
4.6 D'autres approches dans l'improvisation avec la technologie 182
4.6.1 L'improvisation en réseau local 182
4.6.2 L'improvisation en ligne 184
4.6.3 L'improvisation musicale intelligente 185
4.7 Esthétiques de l'improvisation électroacoustique et mixte 188
4.8 Le paradoxe de l'enregistrement de l'improvisation 192
4.9 Obsolescence, pérennité et disponibilité de l'instrument 198
4.10 Limites et problèmes de la technologie dans la création musicale 202
Chapitre 5
Les improvisateurs et leurs instruments numériques : études de cas 207
5.1 La recherche gestuelle et sonore de Lorenzo Bianchi Hoesch 207
5.1.1 L'instrument Elle 208
5.1.1.1 Le système de routage du son 210
5.1.1.2 Les réglages généraux 212
5.1.1.2.1 Entrées / sorties sonores 212
5.1.1.2.2 Spatialisation du son 213
5.1.1.2.3 Presets 214
5.1.1.3 Les modules audionumériques 214
5.1.1.3.1 Granulation : *Lgrain* 214
5.1.1.3.2 Dégénérateur : *Ldegen* 217
5.1.1.3.3 Les échantillonneurs 217
5.1.1.3.4 *LDist-follow* 221
5.1.1.3.5 *LDist-controlled* 222
5.1.1.3.6 *Scrub* : *Lscrub* 222
5.1.1.3.7 *Lfreeze* 223
5.1.1.3.8 Transposition : *Lshift* 224
5.1.1.3.9 Harmonisation *: LHarmonizer* 225
5.1.1.3.10 *LPsychoirtrist* 225
5.1.1.3.11 *LGen-dist* 226
5.1.1.3.12 Ligne en retard : *Ldelay* 227
5.1.1.3.13 *LStretcher* 228
5.1.1.3.14 *LMetrain* 229
5.1.1.3.15 Reverse : *Lreverse* 230
5.1.1.4 Analyse générale des modules du système 230
5.1.1.5 Les interfaces gestuelles 232
5.1.1.5.1 Nintendo Wii 234
5.1.1.5.2 *Wacom* 236
5.1.1.5.3 Leap motion 238

5.1.1.5.4 QuNeo ... 239
5.1.1.6 La dimension esthétique du compositeur ... 241
5.2 Improviser en binômes : le collectif Unmapped ... 245
5.2.1 Un ensemble à géométrie variable ... 247
5.2.2 Caractérisation des binômes ... 248
5.2.3 La recherche de l'interaction en binôme ... 250
5.2.4 Le processus créatif d'Unmapped ... 252
5.2.4.1 Contraintes d'écoute ... 253
5.2.4.2 La construction d'une identité sonore ... 254
5.2.4.3 Les temporalités du numérique ... 255
5.2.5 Un outil commun pour l'interaction ... 257
5.2.6 Analyse des instruments numériques d'Unmapped ... 260
5.2.6.1 Le dispositif de Kevin Gironnay ... 261
5.2.6.1.1 Akai LPD 8, Trigger the SpeedMANI ... 261
5.2.6.1.2 Korg NanoPad, MANI SuperVP ... 263
5.2.6.1.3 Korg NanoKontrol, TriggerLIVE ... 264
5.2.6.1.4 *Leap Motion* – « L'impalpable » ... 266
5.2.6.2 Adaptation et appropriation dans la démarche de Julien Vincenot ... 268
5.2.6.2.1 Mira, *Elle* ... 271
5.2.6.3 Olavo Vianna ... 273
5.2.6.3.1 AutoRecMode2 ... 275
5.2.6.3.2 Looper ... 276
5.2.6.3.3 *LoadConvolve* et autres effets ... 276
5.2.6.3.4 Système de contrôle à partir du jeu instrumental ... 277
5.2.6.3.5 Décroissance ... 277
5.3 Gabriel Peraza et le projet Electrologues : une improvisation en duo ... 278
5.4 Conclusions des analyses ... 283
Conclusions de la deuxième partie ... 285
Partie 3 Développement des outils numériques pour l'improvisation musicale électroacoustique ... 287
Introduction à la troisième partie ... 289
Chapitre 6 Écriture et contrôle de la synthèse granulaire sur surface tactile 291
6.1 La synthèse granulaire : une recherche au GMEM ... 292
6.2 Le paradigme granulaire ... 293
6.2.1 Perception du microsonore ... 294
6.2.2 Théorie musicale du granulaire ... 296
6.2.3 Application musicale du granulaire ... 298
6.3 Granulator – logiciels et applications ... 303

6.3.1 Tablette iPad, application Liine Lemur 303
6.3.1.1 Connexion *WiFi* 305
6.3.2 Logiciel Max/MSP 306
6.4 Granulator – Interface gestuelle 310
6.4.1 1 – Main page 311
6.4.2 2 – Play Interface 313
6.4.3 3 – Advanced 315
6.4.4 4 – Help 318
6.5 Granulator – moteur sonore 318
6.5.1 Interface utilisateur moteur sonore 318
6.5.2 L'initialisation de l'instrument 321
6.5.3 Interfaces miroir 322
6.5.4 Moteur du granulateur 322
6.5.5 Gestion des échantillons sonores 325
6.5.6 Gestion des enveloppes sonores 326
6.5.7 Gestion des valeurs prédéfinies (presets) 328
6.6 Performativité de Granulator 328
Chapitre 7 Le processus de création d'un instrument numérique pour l'improvisation : *RJ* 331
7.1 Étapes de développement 332
7.2 La performance avec les ordinateurs 333
7.3 L'intégration des interfaces gestuelles dans Rj 335
7.3.1 Surface multitactile 337
7.4 L'interface du moteur sonore 339
7.4.1.1 Modules audio 340
7.4.1.2 Gestion des échantillons sonores 341
7.4.1.3 Recommandation automatique d'échantillons sonores 342
7.4.1.4 Gestion des entrées 342
7.4.1.5 Configuration des interfaces gestuelles, spatialisation manuelle 342
7.4.1.6 Gestion des sorties, DAC 343
7.4.2 Le routage du signal entre les modules 343
7.4.3 La question de la spatialisation 345
7.4.3.1 Système général 345
7.4.3.2 Granulation 346
7.4.3.3 Échantillonneur, délai 347
7.4.3.4 Lecteur des échantillons 348
7.4.3.5 Réverbération, distorsion 348
7.4.3.6 Spatialisation manuelle 348
7.5 Les modules audio 350

7.5.1 Delay – délai 353
7.5.2 Reverse 356
7.5.3 Reverb – réverbération 357
7.5.4 Transposer – transposition 359
7.5.5 Distorsion 362
7.5.6 Filtre spectral 364
7.5.7 Players – lecture des mémoires tampon 367
7.5.8 ZigPlay – lecture à vitesse variable 370
7.5.9 Granulator – granulation 372
7.5.9.1 PlayMode1 374
7.5.10 Keys – échantillonneur 376
7.6 Le signal audio comme contrôleur paramétrique 378
7.6.1 Spatialisation – algorithme boids 381
7.7 L'obsolescence, la disponibilité et la pérennité de l'instrument 382
Chapitre 8
Le développement d'un système d'intelligence computationnelle 387
8.1 La récupération d'informations musicales 388
8.2 La recommandation automatique d'échantillons 389
8.3 PyMIR – Python Music Information Retrieval 391
8.4 Description de l'interface utilisateur 393
8.4.1 Recommandation des échantillons pour la granulation 395
8.4.2 Recommandation des échantillons pour l'échantillonneur 396
8.5 Le backend 397
8.6 L'intergiciel 398
8.7 La gestion des échantillons sonores 399
8.8 Application et évaluation de l'instrument 400
Chapitre 9 Les instruments numériques en action : analyses des jeux 403
9.1 Modèles d'analyse de l'improvisation libre et électroacoustique 403
9.2 La session d'improvisation d'Unmapped 407
9.2.1 Configuration instrumentale, espace externe 408
9.2.2 Enregistrement et mixage 410
9.2.3 Improvisation numéro 16 411
9.3 Enjeux de l'improvisation en duo : l'expérience d'Electrologues 417
9.3.1 Configuration instrumentale, espace externe 417
9.3.2 Reload 418
Conclusions de la troisième partie 423
Conclusions générales 425

Bibliographie **431**

Table des matières **453**

Table des illustrations **461**

Liste d'exemples multimédia **464**

Annexes **465**

Annexe 1. Improvisation *Bonjour* de Grand8 ..... **465**

Annexe 2. The creative process in a new large improvisation ensemble: the Grand8 ..... **469**

Annexe 3. Analyse de l'improvisation d'*Unmapped – Improvisation numéro 16* **481**

Annexe 4. Analyse de l'improvisation d'*Electrologues - Reload* **485**

Annexe 5. Images des contrôleurs et des interfaces gestuelles **487**

Table des illustrations

Figure 1 – *Continuum* entre composition et improvisation d'après Jeff Pressing 48
Figure 2 – Paradigme systémique d'après Jean-Luois Moigne 76
Figure 3 – Exploration de l'espace du Module du GMEM par les musiciens de *Grand8* en mars 2019 106
Figure 4 – Le public entourant les musiciens – performance du collectif *Unmapped* 111
Figure 5 – Conditions d'existence des nouvelles technologies d'après Martin Laliberté 136
Figure 6 – Synthétiseur *Moog* et plugiciel *VST Moog* 140
Figure 7 – Structure habituelle d'un instrument musical numérique.....166
Figure 8 – Évaluation des interfaces gestuelles 181
Figure 9 – Système de routage du signal audio entre modules.....211
Figure 10 – Module pour définition de la quantité d'entrées dans le module 212
Figure 11 – Module de contrôle de la spatialisation de l'Ircam 213
Figure 12 – Granulateur *LGrain* 215
Figure 13 – Le moteur sonore de la synthèse granulaire 216
Figure 14 – Patch *LDegenerator* pour lecture d'un échantillon à vitesse variable....217
Figure 15 – Échantillonneur – *Lsimpler* 218
Figure 16 – fonction aléatoire de l'enveloppe 219
Figure 17 – vingt-quatre échantillons possibles.....220
Figure 18 – Module échantillonneur.....220
Figure 19 – Un autre échantillonneur dans *Elle*.....221
Figure 20 – Module *LDist-follow* 222
Figure 21 – Module *Lscrub*.....223
Figure 22 – Module *LFreeze*.....224
Figure 23 – Module *LDelay*.....227
Figure 24 – Module *LStretcher*.....228
Figure 25 – Module *LMetrain*.....229
Figure 26 – Module *Lreverse*.....230
Figure 27 – Émulation des interfaces gestuelles de Bianchi Hoesch (*Wacom* et *QuNeo*) 242
Figure 28 – La configuration d'*Unmapped* depuis son début.....248
Figure 29 — Patch pour la gestion du temps de performance 258
Figure 30 – Module de communication avec introduction manuelle de l'information 259
Figure 31 – Module de communication avec introduction des objets 259
Figure 32 – Contrôleurs MIDI Akai LPD8.....262
Figure 33 – Patch *Max/MSP* – moteur pour l'interface de *Trigger the SpeedMANI*.262
Figure 34 – Contrôleur MIDI *Korg NanoPad 2* 263
Figure 35 – Module de « scrub » utilisé avec le *NanoPAD2*.....263
Figure 36 – Module *FreezeLive* contrôlé par *Korg NanoKontrol* et *TriggerLIVE*....265
Figure 37 – *Kaoss Pad* accouplé à la guitare de Vianna.....274
Figure 38 – Synthétiseur MIDI *Blofeld* 279
Figure 39 – *Behringer BCF2000* 280
Figure 40 – Échantillonneur utilisée avec le contrôleur *BCF2000*.....281

Figure 41 – Système de captation vidéo avec les sections où le mouvement a été détecté 282
Figure 42 – Matrice de Gabor. 295
Figure 43 – Abstraction *tranche_ctrl* pour génération de la fonction de probabilité et le résultat de la fonction 309
Figure 44 – Panneau principal de l'interface gestuelle de *RJ*. 311
Figure 45 – Onglet *Play Interface* de *Granulator* 315
Figure 46 – Onglet *Advanced Buffer 1 MB1* de *Granulator* 316
Figure 47 – Advanced Buffer 1 MB2 317
Figure 48 – Onglet *Help Interface* de *Granulator* 318
Figure 49 – Interface utilisateur du moteur sonore de *Granulator* sur *Max/MSP* 319
Figure 50 – *Trajectory Tools* de J.B. Thiebaut modifié. 320
Figure 51 – Schéma du moteur sonore de *Granulator*. 323
Figure 52 – Objet *nodes* avec pour la probabilité de choix des mémoires tampon 324
Figure 53 – Éditeur d'enveloppe pour *Granulator* 327
Figure 54 – Structure de notre instrument musical numérique 339
Figure 55 – Interface principale de *RJ* 340
Figure 56 – Version de la matrice de routage 344
Figure 57 – Matrix avec possibilité de contrôler le niveau d'entrée/sortie 345
Figure 58 – Objet *nodes* pour la spatialisation du son. 349
Figure 59 – Module de filtre générale appliqué au son globale 351
Figure 60 – module de délai 353
Figure 61 – Rallentando et accelerando des itérations du délai 354
Figure 62 – *Decrescendo* et *crescendo* d'amplitudes des itérations du délai 355
Figure 63 – Interface pour le module de délai 355
Figure 64 – Module de reverse et sa représentation dans l'interface gestuelle 356
Figure 65 – Module de réverbération 358
Figure 66 – Interface gestuelle pour le module de réverbération 359
Figure 67 – Diagramme pour la transposition de fréquence 360
Figure 68 – Module pour la transposition de fréquence et de hauteur 361
Figure 69 – Interface pour le module de transposition dans l'interface gestuelle. 362
Figure 70 – Module de distorsion 363
Figure 71 – Interface gestuelle pour la distorsion 364
Figure 72 – Module de filtrage spectrale 365
Figure 73 – Interface pour le filtrage spectrale 366
Figure 74 – Module pour la lecture des échantillons 368
Figure 75 – Interface gestuelle pour la lecture des mémoires tampon 369
Figure 76 – Module ZigPlay 371
Figure 77 – Interface pour le module ZigPlay 371
Figure 78 – *Granulator* simplifié pour l'instrument RJ 373
Figure 79 – Interface pour le granulateur. 374
Figure 80 – *Play Mode1* – granulateur et échantillonneur 376
Figure 81 – Module échantillonneur (*Keys*). 377
Figure 82 – Interface de *Keys* dans l'interface gestuelle. 378
Figure 83 – Module pour l'analyse du signal 379
Figure 84 – interface utilisateur avec la liste des descripteurs audio à choisir 393
Figure 85 – Distribution des nœuds pour la position des échantillons dans l'espace de jeu. 396
Figure 86 – Module *Keys* avec les couleurs représentant la proximité à l'exemple donné 397

Figure 87 – Configuration d'*Unmapped* dans la résidence. 409
Figure 88 – Analyse des actions et interactions dans Improvisation1 d'*Unmapped* .413
Figure 89 – Forme d'onde et spectrogramme de l'extrait.....415
Figure 90 – Routage du signal sonore dans l'improvisation d'*Unmapped*.....416
Figure 91 – Configuration audionumérique pour l'improvisation *Reload* d'*Electrologues.* 418
Figure 92 – Forme d'onde et spectrogramme de *Reload.* 419
Figure 93 – Analyse de l'enregistrement de *Reload* d'*Electrologues* 422
Figure 94 – Contrôleur MIDI AKAI LPD8. 487
Figure 95 – Pédale délai Boss DD-7.....487
Figure 96 – Contrôleur MIDI Evolution UC-33 487
Figure 97 – Interface Wacom bamboo stylus 488
Figure 98 – Contrôleur MIDI Korg nanoKONTROL2.....488
Figure 99 – Synthétiseur Korg Monotron.....488
Figure 100 – Contrôleur MIDI Korg nanoPAD2.....488
Figure 101 – Contrôleur MIDI Behringer BCR2000.....489
Figure 102 – Synthétiseur Waldorf Blofeld.....489
Figure 103 - QuNeo de Keith McMiller 489

Liste d'exemples multimédia

Exemple multimédia 1 : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/exemple-de-geste-qui-change-la-direction-de-limprovisation/s-hL7Mh

Exemple multimédia 2 : https://youtu.be/x8aO2vloIi0

Exemple multimédia 3 : https://youtu.be/iIGc221EiWo

Exemple multimédia 4 : https://youtu.be/AvTn1Spjtbo

Exemple multimédia 5 : https://youtu.be/zGLwL3uWu0E

Exemple multimédia 6 : https://youtu.be/xMHTjvaftE0

Exemple multimédia 7 : https://youtu.be/uVGpWqIs3Hs

Exemple multimédia 8 : https://youtu.be/dJpgKnMJo24

Exemple multimédia 9 : https://youtu.be/C0hCPl2h9tk

Exemple multimédia 10 : https://youtu.be/XgrnP5l2v58

Exemple multimédia 11 : https://youtu.be/-Upfv46v5Mc

Exemple multimédia 12 : https://youtu.be/8IpDLIREoJI

Exemple multimédia 13 : : https://youtu.be/ECRWSMonKu8

Exemple multimédia 14 : https://youtu.be/HDIIINi9SBg

Exemple multimédia 15 : https://youtu.be/_iampkmUaFg

Exemple multimédia 16 : https://youtu.be/_EDIA7apWvM

Exemple multimédia 17 : https://youtu.be/O0xSb_oADTM

Exemple multimédia 18 : https://youtu.be/sDzNas3O4NM

Exemple multimédia 19 : https://youtu.be/VnNIWnmNPH8

Exemple multimédia 20 : https://youtu.be/OYw5UW2SVqo

Exemple multimédia 21 : https://youtu.be/n-lSLnJNyDQ

Exemple multimédia 22 : https://youtu.be/JsXKhHYn9ag

Exemple multimédia 23 : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/improvisation-numero-16/s-bbCm5

Exemple multimédia 24 : https://soundcloud.com/joao-fernandes-632482034/reload/s-kYoMI

Annexes

Annexe 1.

Improvisation *Bonjour* de Grand8

Lieu : Salle d'enregistrement au module du GMEM.

Musiciens présents *Grand8* : François Wong (saxophone alto), Vincent Lajü (violoncelle), Julie Avril (flûte et voix), Vincent Roussel (batterie), Cati Delolme (voix), Catherine Jauniaux (voix, petits instruments), Ed Williams (guitare), Bastien Boni (contrebasse).

Invité : Pom Bouvier (lamineuse) – instrument électroacoustique construit par elle-même.

Contexte

Répétition mensuelle de l'ensemble – la première après les vacances d'été et après la dernière rencontre en juillet (réunion chez François Wong autour de questions diverses de l'ensemble).

La salle est destinée à accueillir les artistes en résidence dans ce centre. Y sont stockés plusieurs instruments de percussion, des pupitres, quelque matériel électronique. Dans la salle il y a aussi un piano à queue fermé.

Une panne électrique retarde le début de la répétition. Le « Bonjour » est donc suspendu et les membres decident de prendre un café en dehors. Contrairement à ce qui est habituel, cette fois l'arrivée progressive des membres se fait donc autour d'un café. Une fois le problème électrique réglé, une table de mixage est installée. L'amplification est faite à la guitare, la lamineuse, les trois voix avec des microphones sur un pied de micro. Je n'ai pas joué à cause d'une panne d'ordinateur et j'ai profité pour faire cette description. Je n'ai pas informé mes collègues que j'allais décrire les interactions.

Les membres de l'ensemble s'installent en cercle.

Cette fois-ci tous les membres sont réunis pour le début du « Bonjour » et pour cela, contrairement à ce qui est habituel, l'improvisation commence à partir du silence.

De suite, on propose une description détaillée de l'improvisation. Chaque point correspond à un nouveau geste de l'ensemble qui - dans mon opinion comme auditeur lors de ma prise de note – a pu transformer le flux sonore :

- Un silence d'environ 10 secondes s'installe ;
- Catherine interrompe le silence avec des sons dans une langue inventée (p), Cati l'accompagne avec une note aigue tenue (*pp*), le violoncelle commence des gestes de courte durée et les autres adoptent ces mêmes gestes.
- Le son continu de la voix (Cati) est repris aussi par Julie, et cela devient le son principale. Les gestes courts disparaissent. Bastien continue à jouer.
- Vincent Roussel joue avec la cymbale une note répétée. La guitare « prend » ce geste, Bastien plus tard l'imite aussi.
- Nouveau geste de François avec souffle. Catherine prend une flute et y joue avec. Pom profite pour introduire les sons électroniques : granulation. Le souffle fait un *crescendo*. L'ensemble accompagne ce geste et un premier grand *crescendo* s'installe. Et un *decrescendo* quelque seconds après.
- La voix de Cati fait une mélodie *piano*. L'ensemble répond avec des sons courts comme au début. Plus d'éléments, durée plus longue, plus répétitif. Les voix restent avec des petites notes presque *staccato* accompagnées par Pom avec une note aigue et quelques sons bruités par Roussel.
- Un son fort émis par François change les choses. Les autres répondent avec des nouveaux gestes forts. Bastien fait un accompagnement avec des notes graves. Un souffle fort de Catherine arrête le mouvement. Et le souffle prend la place. Bastien continue presque *staccato* au dessus des autres qui transforment leur jeu dans un *continuum*.
- Ed entre avec des sons préparés (touillette dans les cordes). Bastien imite avec la basse (juste 3 ou 4 gestes), pendant que les continuums des autres perdurent.
- Cati lance un geste aigu mi-crié, loin du micro, en tapant avec les mains devant la bouche. Les autres accompagnent ce geste toujours avec les continuum. *Crescendo* de l'accompagnement. La batterie en « profite » pour faire des gestes percussives plus fortes. Plus tard François commence à jouer dans l'aigu des motifs qui répondent à Cati. Toujours l'accompagnement similaire. Les deux adaptent leur jeu pour dialoguer. Des clics de Pom répondent à la percussion de Roussel.
- Les clics restent en solo. Les voix entrent avec des sons corporels. Catherine utilise un de ses instruments qui font des clics. Wong utilise son porte-sax pour faire des bruits en le tournant par terre. Julie frappe le pupitre. Tout le monde fait des bruits.

Roussel prend un harmonica et une flute. Wong cherche un endroit pour faire plus de bruit que le sol et trouve un pupitre en bois. Laju gratte le pic de son violoncelle par terre. Cela dure un bon moment. Wong lance une chaise par terre avec laquelle il frappe son porte-sax et ce geste arrête la plupart des gens. Un son grave reste.

- Le *decrescendo* est remplacé par le piano de Julie et la voix de Cati qui fait des « ah eh » avec des notes suivant un motif. Julie fait des accords harmoniques. Sons courts de Cati. Wong se met sur une chaise tel que la statue de la liberté avec une maraca en forme de crâne mexicain sur son porte-sax. ; sur la chaise il imite Cati. La maraca est lancée entre les membres. Après un tour entre les membres (qui devraient laisser leur instrument pour la saisir) la maraca reste par terre au centre du cercle.
- Premier silence
- En *piano*, Bastien fait des sons aigus. Catherine adopte une voix tremblante. Laju imite Bastien. La guitare fait quelques *staccatos*. En silence, Roussel met quelques instruments au centre du cercle à côté du crâne (comme si c'était une sculpture). Wong ajoute une bouteille de vin. Pom ajoute quelques son continus en grattant son instrument.
- Toujours dans la même ambiance tranquille, Cati commence à faire des mélodies et Catherine fait des clics. Roussel se lève et tourne au tour du cercle avec une bande magnétique de cassette VHS qu'il tire en faisant des sons suraigus. En faisant ce geste sur la grosse caisse de sa batterie une resonance grave émerge. Catherine change à un son aigu aspiré. Cati arrête la mélodie et prend le sac en plastique de la poubelle et le frotte avec ses mains.
- Piano, Bastien commence à faire une note tenue, Laju répond avec un *tremolo*. Cati gratte le sac par terre. Julie reste seule avec des *staccatos* éoliens et les effets voco-labiales ou instrumentaux de Catherine. Cati met un objet dans la poubelle en forme de cylindre et fait le tourner par terre. Laju répond à Julie. Ils restent en duo. Pom ajoute de petits sons percussifs de corde en *pp* et Julie reste à faire un solo au dessus. La guitare entre après 3 minutes avec des bruits des cordes. Wong s'étire par terre. Bastien s'assoit loin de son instrument et écoute l'ensemble. Catherine entre comme au début avec un langage inventé sur un registre grave, puis change brusquement pour l'aigu et ensuite alterne entre les deux (comme s'il agissait de deux personnes). Laju prend une flute et fait des attaques parfois aigus ou des sons continus. La guitare fusionne avec Pom. Catherine change pour des sons type oiseaux et bruiteux plus fort. Roussel aussi prend une flute. Pom change son jeu pour une note grave tenue. Il reste le son aigu de Laju et des petits sons de la guitare. Puis, après quelques secondes, tout le monde fait silence, un long silence qui signifie que le jeu s'est conclu.

Tout le monde se regarde et puis Cati propose du café, les gens sortent de la piéce et se rapprochent autour de la table, tout le monde s'adresse la parole.

Annexe 2.

The creative process in a new large improvisation ensemble: the Grand8

History

In the first quarter of 2015, François Wong and Laurent Charles (both saxophonists) met in Puget at the CEPI (Centre européen pour l'improvisation), a projet by Barre Phillips gathering musicians and dancers interested in improvisation. As the improvisation experience in these days was very fruitful, Wong proposed to continue it by creating an improvisation project in Marseille. At this moment, it was without any specific established characteristics. They met again in the end of 2015 and decided to start the project by inviting people they knew that could be interested in joining in: that is musicians with an established improvisation practice. So, in February 2016, the first rehearsal took place with ten improvisers invited by both saxophonists. It took place at the Comptoir de la Victorine, on the Belle de Mai neighbourhood. As Wong told me, there was no previous discussion about what to do. There was a meeting time, and when the musicians arrived, they just greeted each other and started to play for some time without saying anything else. After that, they discussed a lot of what happened there (and we can see that it's a practice that the group still does) and the basis of the manifesto that stands for the group was almost established on that moment.

Questions were made: Who are we? What is the purpose of the project? How are we going to achieve it? Even if it was not clear at the beginning, it took one or more rehearsals to refine it, but the present members all agreed to the directive lines of the ensemble from the beginning of the project.

- no supervisor
- improvisers from the PACA region
- no institutional attachement – We can see that the Comptoir de la Victorine was a neutral place where the ensemble could rehearse at a low fare with good technical conditions.
- big ensemble

- it is not a place for diffusion (no money involved)
- space of freedom, artistic freedom

Nevertheless, as all musical projects outside of the institution they are very fragile. Even if the first encounter was a success giving the desire to continue seriously, these musicians couldn't be sure how the project could continue.

All musicians are professionals knowing that for this kind of music, there may be an economic purpose when you play in smaller groups, but in a big ensemble the goal is to preserve the artistic pleasure of making improvised music in a big orchestra. It is important for the members to assume this posture and to fight against the "it's not possible to" phrase present frequently on institutional side.

The first open presentation of the ensemble was at the Comptoir de la Victorine at the occasion of the passing in Marseille of the ensemble *Multiversale*, a European improvising ensemble that gathers musicians from all over Europe. Since then the ensemble makes a concert each trimester and since 2019, they organize a concert each with the members of the ensemble without the idea of improvising with a large number of musicians.

Members of the Grand8 and joining the ensemble

Nowadays, 17 improvisers from different musical styles compose it. These are the actual members with 3 cellos, 2 doublebasses, 3 singers, 1 singer plays the flute as well, 3 saxophones, 1 accordion, 3 guitars, 1 battery and myself with my digital instrument.

Vincent Lajü (Cello)
Emmanuel Cremer (Cello)
Soizic Lebrat (Cello)
Bastien Boni (Doublebass)
Guillaume Lys (Doublebass)
Catherine Jauniaux (voice)
Cati Delolme (voice)
Philippe Lemoine (saxophone)
Laurent Charles (saxophones)
François Wong (saxophones)
Julie Avril (flute et voice)
Geneviève Sorin (accordion)
Nicolo Terrasi (guitar)
Raymond Boni (guitar)
Ed Williams (guitar)
Vincent Roussel (battery)
João Fernandes (electronics)

I draw a map of the members of the Grand8 where we can see that there was an initial disorder and some kind of organization emerged with the actual formation.

Joining the Grand8 is not a straightforward process. There is no audition or a formal

evaluation for a musician wanting to join the group. It works by the principle of co-optation: an element of the group invites a musician with whom he already worked with and knows well his music. This element is responsible for the interaction between the person wanting to join the group. For example, he's responsible for telling him that he is or not accepted in.

We could say that even the first invitations for the first rehearsal were by co-optation, but informally as they invited people they knew already. The idea at first would be to invite other persons to join the group in order to become a large ensemble where naturally they would stay or leave according to the regular development of musical life of the ensemble.

The process of co-optation was established at a moment where there was a need to formalize and settle the rules to enter the group as the arrival of some participants were not consensual and social and musical problems started to occur. So the rules of the co-optation process were established and a document was formalized to inform the new arrival. Resuming these rules:

- the new arrival is brought by someone of the group (or someone has to be an intermediate of someone's demand)
- he has to make 3 rehearsals of 4 consecutive appointments
- the group gives an evaluation for the new arrival

This evaluation is formalized as well, but for now it wasn't used as the new arrivals since the rules were established were received rapidly.

The Grand8 musicians issue a collective opinion on the person in integration. This opinion is so necessary argued around the following points:

- quality of presence in the work (corporal commitment, feeling of being invested in music, concentration ...);

- listening skills ;

- porosity (ability to let your musical game be influenced, enriched, transformed by the orchestra. not to lose its singularity, but of capacity of adaptation, of plasticity);

- strength of musical proposal (positive impact of its presence and its game on the rest of the orchestra).

Association Grand8

After six months of rehearsals, the members were happy with the course of the ensemble, but to develop it other matters should be discussed beyond the music made.

So at this moment other thoughts started to arise about a structure to support with the administration of the group. There are time restrictions in order to participate in national and European projects or funding applications so it was urgent to have an official structure behind the music. One year after the start-up of the ensemble, a cultural association named Grand8 was stablished with Jean Hubert as president and Philippe Pryka as treasurer. Hubert is a friend of Laurent Charles and has a big experience in cultural structures in Marseille as he was the director of Latinissimo and Dock de Suds: cultural place in Marseille where Fiesta de Suds is hosted. All musicians are members of the administration board as well as some members of the college.

It is important to notice that the when Hubert accepted the role of president, he stated that he would be interested in assuming that position only if the ensemble would be interested in giving life to the dynamics of the association with other activities around the improvisation practice, but beyond the musical performance. For him, the originality of the project could raise an interest to the community and should be explored outside the "concert hall". As a musical space was opening by the musicians, an associative space should then be open in parallel. That was something new to the musicians, something that it was not thought before as this kind of cultural associative structures are frequently almost virtual.

Le college d'observateurs

In order to start these activities, the ensemble invited some observers to the rehearsals promoting a discussion with them about the music that was made. Sometimes, the observers joined for lunch, as it is a moment of discussion about everything around the group. On January 25th, we had a preliminary reunion with some observers who came to watch the end of a rehearsal and participate in our reunion where we would discuss different matters. At this occasion the first draft of the manifesto was presented.

On November 2018, the first meeting with the college took place. People from the arts domains network of the musicians were invited with the following mail.

- Alain Fourneau, stage director (former Bernardine theater)
- Mireille Guerre, stage director (former Bernardine theater)
- Lucien Bertolina (Euphonia, sound lab)
- Pascal Gobin (electroacoustic teacher, Marseille conservatory)
- Aïda Belhamd (new director ajmi)

- Florence Orillard (the Camp)
- Françoise Bastianelli (Emouvances label)
- Christine Rodes, (dance critic, contemporary music)
- Marie Lelardoux (stage director)
- Eva Gruber (visual artist)
- Sherwood Chen (dancer)
- Jean-Paul Delore (stage director)
- Catherine Laval (visual artist, costume designer)
- Agnès Blais (former collaborator company m.e.a.r.i)
- François Maryvalle
- Aline Solers
- Luigia Parlati (anthropologist)
- Christine Esclapez (musicologist, AMU)
- Elena Biserna (musicologist, sound artist, AMU)

The goal would be to discuss the way of working in the Grand8, the problematic of a large ensemble without a director, the collective work. Jean Hubert questioned himself (and I resume what he said): "How can I enrich my experience by listening to a group different from what we are used to? How can we make a reflection on this intensive listening that the musicians have to have during performance? How can we transpose these dynamics to the other side, to the society? Another question is how can we talk about the Grand8 ensemble to the world?"

For two hours, the members of the college and those from the Grand8 dissected the functioning of the ensemble and contribute for the questioning of the ensemble principles and their evolution. For example one member contested the fact that non having a director wouldn't mean that someone would not take the power, musically and non-musically. Other subject arose from the discussion like how to engage the public with the same listening as the musicians; how to constantly renew the music and the shows?

When possible, the Grand8 collective invites the members of this college to come to the concerts freely, or with the reduced prices. On 19th July, the Grand8 will be playing on the Jazz days in Avignon by the invitation of one of the members of the college.

Rehearsal place

The rehearsals started at the Comptoir de la Victorine for the reasons we already

mentioned. The place was rented for the period of rehearsal by around 50€. This would mean that each member should pay around 70€ a year. It was agreed that this fee would be paid at the beginning of each semester. So if a musician had to leave, or when someone new came for only a semester they could pay half of the fee. The remaining funds from this yearly contribution would allow the group to compensate the trip costs of those who live far from the city (we would like to remind that the ensemble is meant to be for all musicians from the PACA region)

On the 24th of February 2018, there was a criminal fire at the *Comptoir de la Victorine* burning a big part of the building. All the artists, collectives and companies had to find other places to go. Fortunately, other structures from Marseille offered themselves to receive the "homeless" groups. The GMEM, a national musical creation centre received the Grand8 and (depending on their already established agenda) from 2018 the rehearsals took place at the Module in Friche la Belle de Mai without any fees and with technical support given by the sound technicians working there. We can suppose that the ensemble practice raised some curiosity, as during the rehearsals there were several visits from the GMEM director and other musicians. On the 10th of January 2019, the Grand8 invited the ApPI (association for the improvisation practice) for a working day with a public concert at the end. GMEM hosted this venue. The successful event with a big audience changed the kind of partnership between the GMEM and the Grand8: until 2020 it will be the ensemble rehearsal place with the same conditions than before. The Grand8 will then have another year without renting fees allowing the association to apply their funding within an artistic purpose.

Rehearsals

The rehearsals take place once a month on a Thursday. Until this year it could be any Thursday of the month. From February 2019, the ensemble tried to schedule to the first Thursday of the month in order to join the rehearsal with the monthly concerts organized by the group.

The rehearsal usually starts at 9:30 and finishes at 17:30 depending on the place of the rehearsal (as it may have to coincide have personal timetables). One big question that arises frequently is the pertinence of this weekday and its timing. Could the ensemble become bigger if it was on another day? It's impossible to know, as it is suitable for the members that are part of the ensemble at the moment. The planning is constructed

almost a year before depending on the availability of the majority of the members present in the rehearsals where the planning is determined. We could argue that it's not fair in confront with the others that are not present, but from one side it's only fixed when the spaces are rented and on the other side, we can see the importance of the attendance of the members to all it's rehearsals.

The timetable of the rehearsal is not as strict as in other kinds of music. Musicians are not formally obliged to be all at 9:30 to the rehearsal to start. Normally the members when they arrive they start to play when they are ready. When other members arrive they join the sonic flow. We will see later the importance of this moment.

As the most of the musicians are professional, the initial planning is always in mutation; its structure is not fixed. To be aware of this changing structure it is important to let the colleagues know for the work that will be developed on that day. Being only once a month has the consequence of having a slow development. Being all professional musicians, from one rehearsal to another, the musicians have made a lot of different other musical events and changed their musical coupling.

Structure of the rehearsals

The rehearsals are normally divided in three moments:

- Morning: set-up and free improvisations without any constraints.
- Lunch: important to rest, eat and discuss all together from different issues of the ensemble
- Afternoon: specific work to develop any idea from the group

In the morning, the set up does not always take the same amount of time. It depends on the members attending the rehearsal and the place where it will take place. It is far simpler if only acoustical instruments are present: they only depend on themselves, but if electronic or electroacoustic instruments (like me) are presents sometimes a sound system must be installed. Sometimes there are sound technicians that help us set up or else it's at the charge of the musicians to install.

If the group is complete, this setup consists on a stereo system composed by two speakers, three microphones, a mixing table, my digital instrument and eventually entries for the acoustic guitars.

Normally, as the acoustic instruments start to play when they arrive, the first musical moment of the rehearsal includes the check sounds with the musicians using the sound

system. The morning is then dedicated to the freedom of playing without any constraints. This moment is fundamental to discover the space, to analyse the actual sound of the present structure in the rehearsal (see the number of rehearsals with the same persons) and to rediscover the instruments adapting the way you play to the conditions the system offers you at for the rehearsal. The first part of the morning is called “Bonjour”: a musical greeting that introduces the structural complexity of the day’s *umwelt*.

The lunchtime is also a very important time because it allows us to know each other outside the sonic *umwelt*. Each one brings its own food, or they will buy food on some bakery or supermarket and the members eat all together. In this period of the rehearsal the social interactions take place instead of the musical interactions. When there are matters to discuss, this period can be transformed into a reunion time. In fact, playing without an artistic director makes these discussions an important part of the time spent. Everything about the music made or about the musicking is a subject of discussion.

On the afternoon, the idea is to realize specific work on some improvisation subject that can make evolve the musical qualities of the group and to discuss the efficiency of the exercises and the problematic of playing in a large ensemble of improvisation. It’s a moment of confrontation of ideas, and experiences about these exercises as the different experience in improvisation from the musicians give different feedbacks.

A member proposes to bring some exercises with a specific goal or some musical problem can arise at some point. For example, in one rehearsal one, of the guitar players came with an acoustical guitar. It was the instrument with less sound amplitude as in that day there were a lot of saxophones. Even if he played *fortíssimo* we couldn’t listen to his instrument for the most part of the time. Some questions were raised at this moment:

- How to give “space” to the instruments with small amplitude range? And specially when *fortíssimo* moments arrive
- Are the musicians aware of it? Should they be? Should they limit themselves of evolving the music in some direction because other instruments can’t follow?

It was then proposed to do some exercises of 3 min where each musician could only make three *fortíssimo* gestures.

This problematic was raised for the amplitude parameter but it can be extended to other

parameters like the spectrum place of each instrument in an improvisation. In another rehearsal both questions were put together and the exercise was the following:

- Some musician starts already in *fortíssimo* and progressively the others should join one by one in *fortíssimo* as well but in a manner that could be heard by the others, and the musicians already playing should adapt their way of playing to be able to listen to each new entrance.
- The exercise was repeated for each musician to start with a new kind of sound material. It would allow to

One important remark that is frequently reminded in these exercises is the importance of making music even if they are practicing some feature.

Rehearsals vs concerts

The biggest problematic of this ensemble is to stay tuned with the starting manifesto. We can check by the map of presences that there are always more people on the concerts than on the rehearsals. As we could see by the manifesto, the group declared the importance of the memory complexity, where the collective memory emerges from the individual actions. The rehearsals are then very important for creating this collective memory. A member that was not present in a rehearsal can ruin a musical moment because he didn't participate in the construction of that musical moment. So we can ask how to motivate musicians to participate if there are no money involved? How to be a large ensemble in these conditions? For instance, the principle of participating in each 3 of 4 rehearsals is still valid for the actual members. To assure the sustainability of this collective memory is preferable to leave the group or to declare his absence for some months. Is fundamental to be fully engaged on the ensemble to be a part of it. So there is a constant tension between these two items of the manifesto: the economic weakness of the project and the indispensable presence of the musicians.

A concert can be musically successful but from the point of view of this collective memory it can fail as the history of structural coupling didn't take place during the performance.

Commissions

As the music continues, there is the desire to evolve and many ideas are continuously being proposed. Ideas like the creation of a netlabel, a website from scratch, workshops about improvisations, or the organisation of monthly concerts. The group felt the need to define plus clearly some roles in organizing some tasks like the communication of

the Grand8 events. At some point the group decided to create some kind of departments responsible for those tasks. So the following (more or less informal) departments were created: communication, netlabel, concerts, diffusion, website, international, administration. Despite the creation of these departments, it is important to notice that, the importance of discussing everything with everybody within the Grand8 should stay untouched. So the main task of these departments is to suggest the organized ideas to be discussed during the reunions of the group.

Grand8 as a complex system

After explaining the functioning of this large ensemble, we can then look at this ensemble as the system we introduce at the beginning, and check if the characteristics of the system can be extracted in an upper level of complexity.

- the nature of its constituents (type, internal structure),
- its open and chaotic appearance (external influences at different scales),
- its self-organizing and homeostatic characteristics (resilience) dominated by couplings and feedbacks (non-linear interactions, often of different types) and finally
- its ability to evolve towards new systems with emergent and unexpected properties.

The first point is the heterogeneity of the elements of the system. At this upper level, we can see the improvisation ensemble interacting with other elements that have been created: the association, the services, the observatory college; and of course, the interaction between these and the exterior of the system. We can take several examples, for instance in the observers, there is the director of AJMI that invited the Grand8 to participate in Avignon Jazz days they organize. Other elements can be the other ensembles we play with like the APpI or shortly in October the Un ensemble. Also, the public, other artistic structures from Marseille like the GMEM. We record all the concerts with very good quality in order to be able to eventually produce albums with netlabel.

The association is used to create all the bureaucracy for the concerts and the interaction with the city hall for the licences.

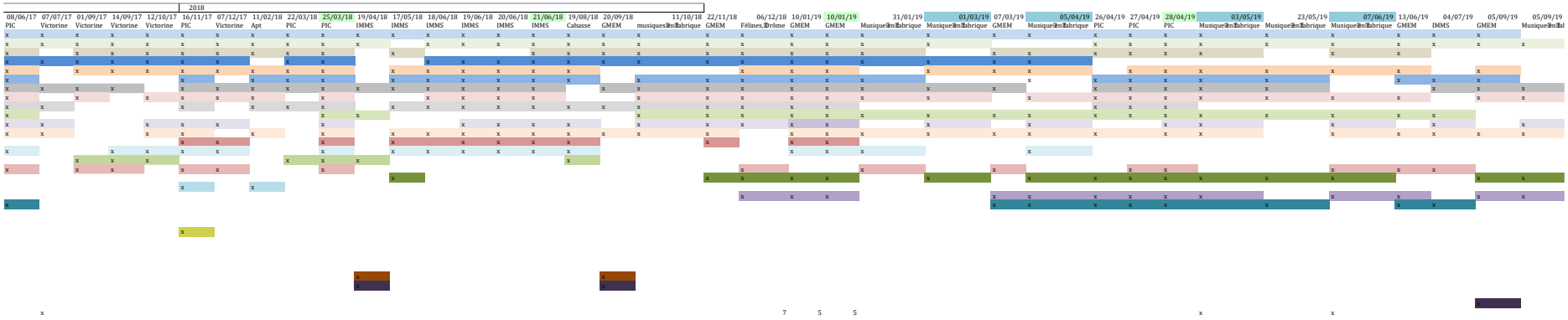
We have to look at the openness of the system carefully as we saw that the group is not open for automatic the integration process of new musicians, but we can talk of maintaining its autonomy. The ensemble chose the co-optation method that allows to carefully evaluate possible fractures from inside. The new concerts the ensemble

organizes has frequently guest musician that brings new things to the music. Nevertheless, the integration of the president of the association with his ideas generate enough noise to change the structure of the system with the creation of the observers. The fire in the Comptoir de la Victorine is a good example that how the noise in the system can produce another path to a stable state. Grand8 can be an example of how to maintain this identity: rules of participation in the group have been established for the work to have continuity. Thus, the elements are supposed to participate in several consecutive repetitions. If this is not the case, the musician will have to give up his participation until he can be fully in the work of solidification of the identity. However, the dynamics of the ensemble are successful by varying the structural complexity of the system - the invitation of occasional improvisers and the variety of instruments used at each rehearsal.

The organization is a very important feature, because its survival depends on it. We can look at this point from different scales. For example, we can see that after a period of constantly changing structure with the arrival and departure of improvisers in the ensemble, it organized itself into a stable a more or less fixed group. It’s early to see how it will be settled in Marseille and how it will interact with other structures like the GMEM where we will make our rehearsals, but without any production or diffusion engagement, or others like the conservatoire, the CEPI, etc.

I think there are some unanswered questions at this level of complexity. What are the emergent proprieties that resulted from the interactions of the different agents we talked about? We wish to establish an improvisatory practice in the city, with different activities around improvisation, and a lot of ideas are in discussion. But the complexity tells us precisely that the emergent properties are unpredictable.

Nome/Data	instrument	février 2016	25/05/16	12/06/16	11/07/16	29/08/16	22/09/16	27/10/16	17/11/16	17/11/16	02/12/16	02/12/16	05/01/17	09/02/17	11/03/17	12/03/17	06/04/17	11/05/17
lieu		Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Victorine	Apt	Bocal, Apt	Victorine	Victorine	PIC	PIC	Victorine	PIC
François Wong	Sax	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vincent Laju	cello	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Laurent Charles	Sax	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Philippe Lemoine	sax	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x	x	
Ed Williams	guitar	x		x	x		x		x	x	x	x			x	x		x
Catherine Jauniaux	voice			x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
João Fernandes	electronic						x						x	x	x	x		x
Cati Delolme	voice		x			x		x	x	x	x	x	x		x			x
Guillaume Lys	double					x	x	x			x	x	x	x	x	x		x
Nicolo Terrasi	guitar			x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x
Emmanuel Cremer	cello				x	x		x	x	x	x	x	x			x		
Bastien Boni	double						x	x					x			x		
Perceval Bellone	sax			x		x			x	x	x	x	x			x		
Soizic Lebrat	cello															x	x	
Renaud Vincent	sax			x			x	x	x	x	x	x	x	x			x	
Geneviève Sorin	Accordion							x						x	x	x		x
Julie Avril	voice/flute																	
Pascal Charrier	guitar	x						x	x	x	x	x			x	x		x
Vincent Roussel	percussion																	
Raymond Boni	guitar																	
Aurélien Arnoux	guitar								x	x	x	x		x		x		
Charles Karsenty	sax							x	x	x				x		x		
Simon Sieger	tuba		x	x	x													
Dan Roth	sax							x						x		x		
Achille Autin	trombone													x	x	x		
Benjamin D'Brien	guitar/electronics				x		x											
Skat Mardones	trumpet							x								x		
Blanche Lacoste	battery																	
Fabrizion Fenu	guitar																	
Jean Sébastien Mariage	guitar					x												
Pom Bouvier	NIME electronics					x												
Invités																	x	



Annexe 3.

Analyse de l'improvisation d'*Unmapped – Improvisation numéro 16*

Tableau 5 - Analyse détaillé de l'improvisation d'*Unmapped*

Time	Stream	Comments	Instrument	Class Canonne
00:00:15	Formal	Attaque note grave, forte	Basse	
00:00:15	Interface	ajout de réverbération et Ldelay à la guitare	Elle_jul	
00:00:17	Interface	Allumage de distorsion et délai	Guitare	
00:00:18	Material	motif de notes descendantes, et son inverse, répétition, mezzo forte	Guitare	densification
00:00:32	Material	accompagnement dans le grave	Basse	jouer avec
00:00:36	Material	variation entre accords percussifs et motifs de 5, 6 notes ascendantes, descendantes	Guitare	stabilisation
00:00:44	Interaction	imitation du jeu de la guitare du début	Accordéon	jouer avec
00:00:45	Material	motif de notes descendantes, et son inverse, répétition	Accordéon	densification
00:00:47	Interface	allumage de l'effet de réverbération, enregistrement du basson et allumage ZigPlay	RJ	
00:00:48	Interaction	application de la réverbération aux instruments et ZigPlay	RJ	densification
00:00:50	Interface	ajout de reverse à la guitare	Elle_jul	
00:00:59	Interaction	le jeu de l'accordéon l'incite à entrer dans le jeu	Basson	stabilisation
00:01:00	Material	note longue qui devient un trille sur deux notes	Guitare	jouer avec
00:01:00	Material	imitation du jeu de l'accordéon	Basson	densification
00:01:01	Material	silence (jusqu'à 1:57)	Basse	wait and see
00:01:02	Interaction	reverse du jeu de la guitare	Elle_jul	densification
00:01:07	Interface	prend interface gestuelle Akai Lpd8	Elle_jul	
00:01:08	Material	sons percussifs avec l'échantillonneur, forte (jusqu'à 1:30)	Elle_jul	densification
00:01:10	Interaction	adaptation au jeu du basson	Accordéon	
00:01:11	Material	Imitation	Accordéon	stabilisation
00:01:12	Interaction	Imitation (question-réponse)	Basson	
00:01:12	Material	évolution du motif vers l'aigu	Accordéon	densification
00:01:13	Material	imitation du jeu de l'accordéon	Basson	jouer avec
00:01:22	Interface	ajout de réverbération à l'échantillonneur, changement d'onglet pour ceci	RJ	

00:01:23	Interaction	sons percussifs avec l'échantillonneur, imitation Julien	RJ	stabilisation
00:01:35	Material	la réponse à l'accordéon devient des notes longues	Basson	densification
00:01:43	Interaction	imitation du jeu du basson	Guitare	
00:01:44	Interaction	imitation du jeu du basson	Accordéon	
00:01:45	Material	son aigu avec échantillonneur	Elle_jul	jouer avec
00:01:45	Formal	création de nappes	Basson	
00:01:46	Material	répétition des notes	Guitare	wait and see
00:01:50	Material	sons graves continus avec échantillonneur	RJ	jouer avec
00:01:52	Material	descend le motif ver le grave	Guitare	wait and see
00:01:55	Material	densification harmonique (ajout des notes - accords)	Accordéon	densification
00:01:57	Material	motif de notes en glissando	Basse	stabilisation
00:01:59	Interface	ajout de réverbération à la basse	Elle_jul	
00:02:00	Interaction	réverbération à la basse	Elle_jul	densification
00:02:01	Material	sons percussifs	Elle_jul	stabilisation
00:02:04	Material	crescendo et decrescendo	Basson	
00:02:05	Interaction	suit le basson	Accordéon	
00:02:06	Material	crescendo et decrescendo	Accordéon	stabilisation
00:02:10	Material	modifie les notes des accords créant mélodies à l'intérieur	Accordéon	densification
00:02:11	Material	glissando dans la main gauche, staccato main droite	Basse	stabilisation
00:02:20	Material	changement à motifs plus courts	Basson	
00:02:21	Interaction	ne change pas son jeu	Accordéon	
00:02:24	Interface	ajout de délai dans l'échantillonneur	Elle_jul	
00:02:25	Material	jeu avec le son du délai dans l'échantillonneur	Elle_jul	densification
00:02:30	Material	sons aigus avec le délai	Elle_jul	stabilisation
00:02:31	Material	retour au grave avec une note longue	Basse	densification
00:02:35	Material	fixe un accord	Accordéon	stabilisation
00:02:36	Interaction	imitation du jeu de l'accordéon	Basson	stabilisation
00:02:38	Material	progression de trilles vers l'aigu	Guitare	densification
00:02:39	Material	sons percussifs avec l'échantillonneur, forte (jusqu'à 2:54)	Elle_jul	densification
00:02:40	Material	articulation des accords avec la répétition	Accordéon	stabilisation
00:02:41	Material	notes isolés, durée moyenne	Basse	wait and see
00:02:45	Interaction	imitation du jeu de l'accordéon	Basson	stabilisation
00:02:50	Formal	Note longue aiguë, début de la montée pour le climax	Basson	densification
00:02:52	Material	petits motifs d'accompagnement	Guitare	wait and see
00:02:53	Material	progression des accords itérés vers le grave	Accordéon	densification
00:02:56	Interface	transposition de la basse	Elle_jul	
00:02:57	Interaction	la basse est transposée 2 octaves par une lecture à 4x	Elle_jul	densification
00:03:09	Material	attaques percussifs	RJ	densification

00:03:10	Material	la descente s'arrête pour donner lieu à un trille	Accordéon	stabilisation
00:03:15	Interaction	imitation du jeu du basson fait pour l'entrée dans le climax	Accordéon	jouer avec
00:03:17	Interaction	rejoint le jeu des autres instruments	Guitare	
00:03:18	Material	fait des notes longues et fait progression vers l'aigu	Guitare	jouer avec
00:03:18	Interface	ajout de réverbération de longue durée à la guitare et harmonizer	Elle_jul	jouer avec
00:03:19	Interaction	ajout de réverbération de longue durée à la guitare et harmonizer	Elle_jul	jouer avec
00:03:20	Material	crescendo avec accords denses et longs	Accordéon	densification
00:03:21	Material	augmentation de nombre de notes des accords	Accordéon	
00:03:21	Interaction	suivie du contour de l'ensemble vers l'aigu et crescendo - interaction indirecte	Basse	stabilisation
00:03:22	Material	intervales de quinte à l'octave	Basse	
00:03:40	Material	ZigPlay avec une fonction de lecture plus chaotique	RJ	densification
00:03:45	Interaction	imitation du jeu de l'accordéon du début	Guitare	stabilisation
00:03:46	Material	motif de notes descendantes, et son inverse, répétition	Guitare	wait and see
00:03:46	Interaction	réponse à la basse et au changement de section	Basson	stabilisation
00:03:47	Material	des notes aigüs en glissando	Basson	stabilisation
00:03:52	Formal	deux notes forte, intervalle vers le grave annonce une nouvelle section	Basse	densification
00:03:52	Material	silence	Accordéon	wait and see
00:03:52	Material	silence	Basse	wait and see
00:03:58	Interface	arrêt du traitement des instruments	Elle_jul	wait and see
00:04:01	Formal	reproduction en boucle d'un échantillon lent et très réverbéré	Elle_jul	densification
00:04:02	Material	silence	Basson	wait and see
00:04:02	Interface	arrêt du traitement des instruments, allumage de Players	RJ	wait and see
00:04:03	Interaction	reprise des sons de coquillages joués avant par William (basson)	RJ	
00:04:04	Material	boucle de petite durée avec Players	RJ	wait and see
00:04:12	Interaction	réponse à sons divers	Basse	wait and see
00:04:21	Interaction	accompagnement de l'électronique	Guitare	stabilisation
00:04:22	Material	notes isolés, staccato, harmoniques, piano	Guitare	stabilisation
00:04:25	Material	notes graves, piano	Accordéon	stabilisation
00:04:30	Material	ZigPlay pianissimo, fait sortir les cliques aiguës	RJ	stabilisation
00:04:45	Material	notes graves, intervalles larges, piano	Basse	stabilisation
00:04:48	Interaction	imitation du jeu de l'accordéon	Basson	jouer avec
00:04:49	Interaction	SpectralFilter prend le son des instruments pour interaction indirecte	RJ	stabilisation
00:04:50	Interface	SpectralFilter ajouté au son des instruments, boucle de plusieurs seconds et très peu de filtrage	RJ	

00:05:04	Interaction	ZigPlay ne joue plus avec le Basson	RJ	
00:05:05	Interface	arrêt ZigPlay	RJ	
00:05:15	Material	crescendo SpectralFilter	RJ	densification
00:05:25	Material	augmentation de la pureté du son	RJ	stabilisation
00:05:30	Material	petit crescendo et augmentation progressive du filtre spectral	Basson	
00:05:39	Material	progression finale vers le grave, decrescendo	Guitare	jouer avec
00:05:40	Material	ajout distorsion et délai à l'échantillon en boucle	Elle_jul	densification
00:05:59	Material	notes longues qui termine avec une inflexion vers le grave	Basson	
00:06:00	Interaction	imitation du jeu du basson	Accordéon	stabilisation
00:06:01	Material	augmentation de la pureté du son résulte dans un son grave	RJ	jouer avec

Annexe 4.

Analyse de l'improvisation d'*Electrologues - Reload*

Tableau 6 - Analyse détaillé de *Reload* d'*Electrologues*

Time	Stream	Comments	Instrument
00:00:01	Interface	Allumer granulator, enregistrer son de la basse, réverbération, Filtre spectral sur échantillonneur et basse	RJ
00:00:02	Material	Son continue	RJ
00:00:05	Formal	Attaque forte	Basse
00:00:06	Interaction	Granulation de cette attaque	RJ
00:00:10	Interface	Allumer délai	RJ
00:00:13	Interaction	Même attaque pour interagir à nouveau	Basse
00:00:14	Material	Attaque forte	Basse
00:00:15	Interaction	Granulation et délai de cette attaque	RJ
00:00:16	Material	Granulation de la mémoire tampon continue	RJ
00:00:17	Material	monte l'amplitude du filtre spectral, reste en deuxième plan	RJ
00:00:20	Material	notes aléatoires percussives (sort de slap plus doux)	Basse
00:00:21	Interaction	Granulation et délai	RJ
00:00:35	Interface	utilisation de l'échantillonneur	RJ
00:00:45	Material	échantillon forte	RJ
00:00:47	Interaction	réponse avec même sonorité d'avant	Basse
00:01:10	Material	Filtre spectral de la basse	RJ
00:01:11	Material	échantillonneur avec enregistrement de la basse et d'autres échantillons	RJ
00:01:33	Formal	Attaque grave forte avec résonance	Basse
00:01:35	Interaction	monte l'amplitude du filtre spectral	RJ
00:01:36	Material	échantillonneur	RJ
00:02:00	Interface	monter l'amplitude de ZigPlay	RJ
00:02:01	Material	note percussive répétée, sans conséquence dans l'électronique	Basse
00:02:21	Material	note percussive répétition régulière	Basse
00:02:30	Interface	monte l'amplitude du délai	RJ
00:02:33	Interaction	délai de la fin de cette note répétée	RJ
00:02:34	Interface	utilise objet pour faire répétition rapide entre deux cordes	Basse
00:02:46	Interaction	à nouveau note percussive répétition régulière	Basse
00:02:47	Material	note percussive répétée	Basse

00:02:48	Interaction	utilisation de l'échantillonneur pour varier la note répétée	RJ
00:02:50	Interface	descend l'amplitude du délai	RJ
00:03:00	Interface	monte l'amplitude du délai	RJ
00:03:01	Interaction	utilisation de l'échantillonneur pour varier la note répétée	RJ
00:03:03	Interface	retire le jack de la basse pour jouer avec	Basse
00:03:04	Material	joue avec le câble jack dans l'entrée de la basse	Basse
00:03:05	Interface	monter l'amplitude de ZigPlay	RJ
00:03:06	Interaction	ZigPlay et échantillonneur qui utilisent le bruit du jack	RJ
00:03:20	Interface	monter l'amplitude du granulateur	RJ
00:03:30	Material	sul ponticello gratte une corde avec le le plectre	Basse
00:03:35	Interaction	échantillonner répond avec son de grattement des cordes enregistré avant	RJ
00:03:55	Material	notes percussives sul ponticello	Basse
00:04:00	Material	monte l'amplitude du filtre spectral	RJ
00:04:09	Interaction	enregistrement et joue avec le son de la basse en même temps que d'autres échantillons	RJ
00:04:20	Formal	avec le même type de jeu, decrescendo et rallentando	Basse
00:04:45	Interaction	dernier échantillon pour répondre à la note finale de la basse ·	RJ

Annexe 5.

Images des contrôleurs et des interfaces gestuelles

Figure 94 – Contrôleur MIDI AKAI LPD8.

Figure 95 – Pédale délai Boss DD-7

Figure 96 – Contrôleur MIDI Evolution UC-33

Figure 97 – Interface Wacom bamboo stylus

Figure 98 – Contrôleur MIDI Korg nanoKONTROL2

Figure 99 – Synthétiseur Korg Monotron

Figure 100 – Contrôleur MIDI Korg nanoPAD2

Figure 101 – Contrôleur MIDI Behringer BCR2000

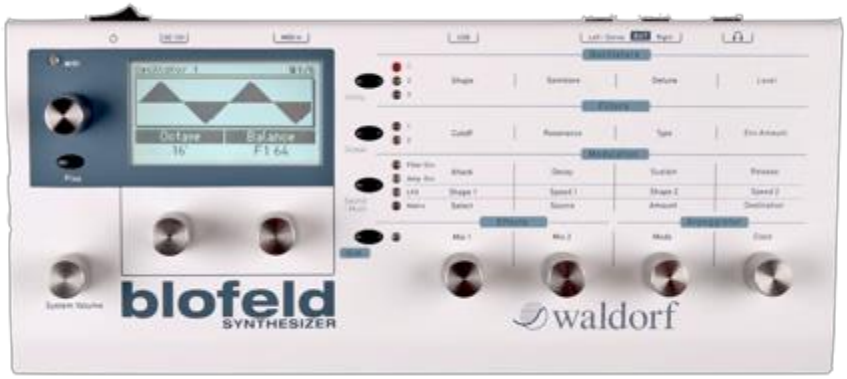


Figure 102 – Synthétiseur Waldorf Blofeld

Figure 103 - QuNeo de Keith McMiller