

Université de Montréal

Centor : Concept d'interface de spatialisation sonore additive

par

Simon Mercier-Nguyen

École de Design industriel

Faculté de l'Aménagement

Mémoire présenté à la Faculté de l'Aménagement
en vue de l'obtention du grade de Maître
en Sciences Appliquées en Aménagement
option Design et Complexité

Novembre, 2014

© Simon Mercier-Nguyen, 2014

Résumé

Cette recherche porte un regard critique sur les interfaces de spatialisation sonore et positionne la composition de musique spatiale, un champ d'étude en musique, à l'avant plan d'une recherche en design. Il détaille l'approche de recherche qui est centrée sur le processus de composition de musique spatiale et les modèles mentaux de compositeurs électroacoustiques afin de livrer des recommandations de design pour le développement d'une interface de spatialisation musicale nommée Centor. Cette recherche montre qu'un processus de design mené à l'intersection du design d'interface, du design d'interaction et de la théorie musicale peut mener à une proposition pertinente et innovatrice pour chacun des domaines d'étude. Nous présentons la recherche et le développement du concept de spatialisation additive, une méthode de spatialisation sonore par patrons qui applique le vocabulaire spectromorphologique de Denis Smalley. C'est un concept d'outil de spatialisation pour le studio qui complète les interfaces de composition actuelles et ouvre un nouveau champ de possibilités pour l'exploration spatiale en musique électroacoustique. La démarche de recherche présentée ici se veut une contribution au domaine du design d'interfaces musicales, spécifiquement les interfaces de spatialisation, mais propose aussi un processus de design pour la création d'interfaces numériques d'expression artistique.

Mots-clés : Interaction musicale, Spatialisation, Interface musicale, IHM

Abstract

This research takes a critical look at current sound spatialisation interfaces and places spatial music composition, traditionally studied in music research, at the forefront of a research in design. This thesis presents a research approach focused on understanding the spatial composition process and mental models of electroacoustic music composers in order to build a design brief for a new sound spatialisation software tool : Centor. This research combines the study of interface and interaction design with music theory in order to generate an innovative sound spatialisation method that is meaningful from both an interaction design and musical standpoint. We present the research and development process of additive spatialisation: a pattern based method that integrates aspects of spectromorphology, developed by Denis Smalley. The proposed spatilisation tool for in-studio work is meant to complement current digital audio workstations and to offer new opportunities for spatial sound exploration in electroacoustic music. This work is a contribution to the field of new musical interface design, specifically for spatialisation but also, more broadly, suggests a design process that could be used for the creation of new digital tools for artistic expression.

Keywords : Music interaction, Spatialization, Interface for musical expression, HCI

Table des Matières

RÉSUMÉ	I
ABSTRACT	II
TABLE DES MATIÈRES	III
LISTE DES FIGURES	VI
LEXIQUE	VII
REMERCIEMENTS	IX
INTRODUCTION	1
1.1 Origines et motivations.....	2
1.2 Pertinence de la recherche	2
1.3 Positionnement.....	3
1.4 Objectifs de recherche.....	4
1.5 Structure du mémoire.....	5
CHAPITRE 2 : FONDEMENTS HISTORIQUES	6
2.1 La musique spatiale.....	6
2.2 À la découverte de l'espace musical.....	6
2.3 Actualisation des enjeux	9
2.4 La Société des Arts Technologiques et la Satsosphère	10
CHAPITRE 3 : PRÉCÉDENTS	12
3.1 Les outils de spatialisation	12
3.1.1 M2 Diffusion.....	13
3.1.2 Diffusion Evolved.....	15
3.2 Interface de performance vs. interface de composition	17
3.2.1 OctoGRIS.....	17
3.2.2 SPIN Framework DSP / Spat OSC	19
3.2.3 Spatium	22
3.3 Les approches de spatialisation : paramétrique vs géométrique.....	24

CHAPITRE 4 : MÉTHODOLOGIE	26
4.1 Limites	26
4.2 Collecte de données	28
4.2.1 Structure des entretiens	29
4.3 Traitement de données	29
4.4 Analyse des données	30
CHAPITRE 5 : RÉSULTATS	32
5.1 Les modèles mentaux	32
5.2 L'émergence	34
5.3 L'automatisation	36
5.4 Les modes selon le dispositif	38
5.5. L'importance du travail <i>in situ</i>	39
5.6 Frustrations diverses	41
CHAPITRE 6 : CRITÈRES DE CONCEPTION	43
CHAPITRE 7 : LA SPECTROMORPHOLOGIE ET LA SPATIALISATION ADDITIVE.....	45
7.1 La spectromorphologie de Denis Smalley	45
7.2 La spatialisation additive	46
7.2.1 Définition	46
7.3 Le concept Centor	48
7.3.1 Pertinence et application	48
7.4 Implémentation proposée	49
7.4.1 Trois classes de morphologies spatiales	49
CHAPITRE 8 : RECOMMANDATIONS DE DESIGN	55
8.1 Objectif général	55
8.2 Public cible	55
8.3 Portée du projet	55
8.4 Ressources	56
8.5 Recommandations sur l'interface graphique	56
8.6 Mises en garde	57

CONCLUSION FINALE.....	59
9.1 Récapitulatif.....	59
9.2 Travaux futurs.....	60
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	I
BIBLIOGRAPHIE.....	III
ANNEXE 1 : MAQUETTE EXPLORATOIRE POUR TABLETTE MOBILE 1.....	I
ANNEXE 2 : MAQUETTE EXPLORATOIRE POUR TABLETTE MOBILE 2.....	II

Liste des Figures

Figure 1 : La musique spatiale et son contexte techno-artistique	4
Figure 2 : L'interface tangible <i>tactile.space</i>	16
Figure 3 : Une fenêtre de travail de l'Octogris	19
Figure 4 : Installation audio-visuelle interactive utilisant SPIN et SpatOSC	20
Figure 5 : Performance avec le premier prototype de Centor (alpha) dans la Satosphère.....	21
Figure 6 : Les différentes interfaces graphiques pour contrôler pour Spatium.....	23
Figure 7 : Structure du codage dans QDA Miner	30
Figure 8 : Classe 1 de morphologies.....	50
Figure 9 : Exemple de spatialisation classe 1 : orbite.....	50
Figure 10 : Classe 2 de morphologies.....	51
Figure 11 : Exemple de spatialisation après l'attribution des classes 1 et 2	51
Figure 12 : Classe 3 de morphologies.....	52
Figure 13 : Visualisation de la spatialisation avec l'attribution d'un effet de répulsion	53
Figure 14 : Récapitulatif de l'évolution d'un comportement spatial	54
Figure 15 : Profil spatial résultant, en un coup d'œil.....	54

Lexique

Dispositif (de musique spatiale) : Système multi haut-parleurs utilisé pour la présentation de musique spatiale. Ces dispositifs peuvent être hémisphériques (dôme), en forme d'anneaux ou encore de forme quelconque pour accommoder tout autre espace.

Objet sonore : Le terme décrit un son, une piste ou un groupe de pistes dans un logiciel de composition musicale (ou un séquenceur) qui peut être spatialisé.

Spatialisateur : Interface (logiciel ou contrôleur physique) qui permet la spatialisation sonore sur un système de son multi haut-parleurs (spatialisation). Il permet de définir ce que l'auditoire entendra lorsque l'œuvre est présentée.

Spatialisation sonore : La création d'un univers sonore dans un dispositif de musique spatiale. À ne pas confondre avec la localisation (*ang* : "sound diffusion") sonore qui est une distribution ponctuelle d'éléments sonores individuels. La spatialisation sonore implique que les objets sonores se déplacent dans l'espace acoustique, habitent l'espace ensemble et contribuent à la création d'un environnement sonore immersif.

Pour ta patience.

Pour ta confiance.

Pour ta générosité.

Pour tes relectures.

Pour tes questions.

Pour tes re-relectures

Pour tes pep talk.

Merci Maman,

Pour tout, et plus encore.

Remerciements

Je remercie tous les musiciens, développeurs, techniciens et chercheurs du Metalab de la Société des Arts Technologique, de l'Université de Montréal, du Conservatoire de Montréal et d'ailleurs. Je suis infiniment reconnaissant de votre contribution, vos questionnements et vos encouragements sans lesquels ce travail n'aurait pas été possible.

Dans les premiers balbutiements de cette recherche, j'ai rencontré de nombreuses déceptions. La plus grande étant que plusieurs professeurs de design étaient réticents à entreprendre la direction de ce projet ; certains étant même convaincus que je ne poursuivais pas le bon programme d'étude. Mais persuadé de la pertinence du sujet, j'ai persévéré. J'ai eu le privilège de rencontrer Luc Courchesne qui y a vu un potentiel à ne pas ignorer.

Luc, merci de ta confiance inébranlable au fil de ce travail ardu. Tu m'as aidé à franchir les plus épais des brouillards et as su me guider dans ce processus de design complexe.

Merci.

Introduction

Cela fait plus de 60 ans que les compositeurs de musique électroacoustique expérimentent avec la manipulation de l'espace dans leurs œuvres. D'abord sur deux haut-parleurs, puis quatre, huit et maintenant jusqu'à plus d'une centaine. Des salles de concert spécialisées ont été construites et de puissants logiciels ont été créés. En effet, nous pouvons retracer une longue généalogie des interfaces de spatialisation sonore allant du *Potentiomètre d'Espace* en 1951 (Harley, 1994) aux outils numériques comme *tactile.space* (Johnson 2013).

Il y a aujourd'hui un intérêt évident pour le son spatialisé tel que le démontre le cinéma (*surround sound*), les jeux vidéos (son ambiosonique), et la popularisation des médias immersifs (réalité virtuelle immersive, etc). Malgré cela, la musique spatiale est encore peu pratiquée, à l'exception de quelques artistes et chercheurs en musique électroacoustique. Nous observons d'ailleurs que ce n'est pas une question d'accessibilité des technologies puisque malgré l'abondance d'interfaces musicales pour la musique spatiale (J. R. Mooney, 2006; Peters, Marentakis, & McAdams, 2011), encore peu de compositeurs les emploient dans leur processus de composition.

Centor est un concept d'interface de spatialisation pour musiques électroacoustiques immersives. Le projet de recherche s'interroge sur le design des outils de spatialisation musicale et propose une nouvelle méthode de spatialisation sonore qui est destinée à un usage en studio au moment de la composition de musiques électroacoustiques.

1.1 Origines et motivations

En 2011, la Société des Arts Technologiques (SAT) de Montréal a inauguré la Satosphère, un dôme configurable de 180°, 210° ou 230° et 18m de diamètre prévu pour des performances audio-visuelles immersives. Avec une matrice de 157 haut-parleurs qui enveloppe l'ensemble du dôme, la Satosphère est un lieu exceptionnel pour la musique spatialisée.

Au moment d'écrire ce mémoire, la spatialisation d'un spectacle de 5 minutes pour la Satosphère peut exiger jusqu'à 8 heures de travail en studio. Il a donc semblé essentiel de s'intéresser l'étape de production des œuvres. Ce mémoire détaille le processus de recherche et de développement d'une nouvelle méthode de spatialisation qui facilite et accélère le processus de composition spatiale. Vous y trouverez un compte rendu de mes recherches sur le processus de composition de musique électroacoustique spatiale ainsi que sur les outils qui y sont destinés.

1.2 Pertinence de la recherche

Lors d'une entrevue avec Felipe Otondo en 2007, la compositrice Natasha Barrett avait peu d'éloges pour les compétences technologiques des compositeurs de musique électroacoustique en affirmant :

« The spatialisation equipment and technology have become readily available, but the users haven't caught up ». (Otondo, 2007)

Or, d'un point de vue de design, il est inacceptable de présumer de l'incompétence des utilisateurs. Ce constat a donc été la source de l'hypothèse initiale de cette recherche : l'enjeu se trouverait plutôt au niveau du design de ces équipements et technologies.

En admettant que les technologies de spatialisation existent et que les équipements informatiques sont accessibles, le design et l'ergonomie des interfaces de composition ont vraisemblablement une incidence majeure sur l'utilisabilité des outils, la démocratisation de leur usage et ultimement l'avancement même de la musique spatiale comme art. Si ces outils ne sont pas employés par les compositeurs c'est peut-être qu'ils ne sont pas adéquatement adaptés à leurs besoins et aux exigences du processus de composition.

La spatialisation sonore a fait l'objet de maintes recherches en musique, en informatique, en arts numériques comme en attestent les nombreuses interfaces de spatialisation et systèmes de sonorisation tels que et le *Zirkonium* pour le *Klangdom* et *SpatOSC* pour la *Satosphère*. Toutefois, au meilleur des connaissances de l'auteur, aucune recherche en design ne s'attaque aux interfaces de spatialisation sonore.

Il est suggéré qu'une approche typique de design d'interaction (centrée sur l'utilisateur) offrira une perspective davantage humaine à un domaine de recherche qui, à l'heure actuelle, est encore principalement propulsé par des approches techno-centriques.

1.3 Positionnement

La carte conceptuelle de la figure 1 illustre notre vision du domaine d'étude de la musique spatiale et des technologies musicales. Ce projet de recherche se positionne dans le cycle d'échange entre les pratiques et les technologies. Il positionne cette recherche en design

dans un univers d'exploration de nouvelles technologies tout en étant à l'écoute des besoins des compositeurs dans leur pratique.

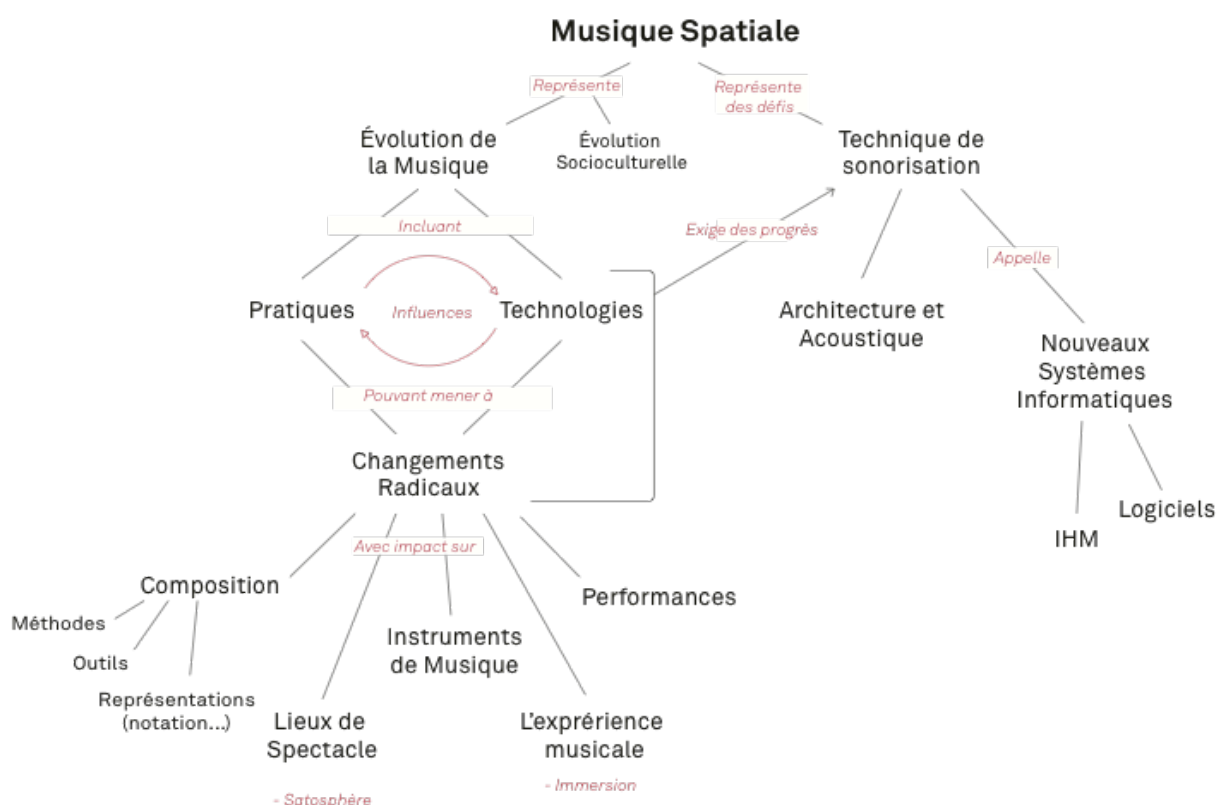


Figure 1 : La musique spatiale et son contexte techno-artistique

1.4 Objectifs de recherche

L'objectif principal a été de comprendre le processus de composition et de spatialisation chez différents compositeurs pour en extraire les points communs et en tirer des recommandations de design pour la conception d'une interface de composition spatiale.

La composition de musique électroacoustique spatialisée est loin de traiter les mêmes enjeux que la composition classique. Cette recherche s'interroge donc spécifiquement sur la

question suivante : Comment intégrer les particularités de la composition de musique spatiale dans une interface de composition ? Nous souhaitons comprendre davantage le cheminement des compositeurs et les modèles mentaux liés à leur processus de composition de musique spatiale. Ultiment, cette exploration nous a permis de développer une méthode de spatialisation qui est nouvelle mais profondément ancrée dans les pratiques déjà en place chez les compositeurs. Nous croyons que l'intégration de cette méthode dans une interface de spatialisation offrirait de nouvelles possibilités aux compositeurs et ouvrirait la porte à de nouvelles formes d'expression musicale.

1.5 Structure du mémoire

Ce mémoire détaille le processus de recherche et développement en 8 chapitres. Le deuxième chapitre fait une introduction sommaire à la musique spatiale, ses origines historiques et ses fondements théoriques et technologiques. Le troisième chapitre fait une revue de quelques interfaces de spatialisation qui sont disponibles aujourd'hui. Il expose sommairement leur fonctionnement et explique leur pertinence pour ce travail. Le quatrième chapitre présente l'approche méthodologique de la recherche. L'analyse de données et les résultats de recherche sont présentés dans le chapitre 5 avant de passer à l'élaboration des critères de conception au chapitre 6. Le chapitre 7 présente la théorie de la spectromorphologie de Denis Smalley et le concept de *spatialisation additive* : une nouvelle méthode de spatialisation sonore. Enfin, le huitième chapitre fait des recommandations de design pour l'implémentation du concept de spatialisation additive dans un logiciel de composition.

Chapitre 2 : Fondements historiques

Nous faisons ici un survol historique de la musique spatiale et de quelques-unes des théories fondatrices. Étant donné que cette recherche est réalisée dans le cadre d'une maîtrise en design, il a été jugé nécessaire de définir avant tout ce qu'est la musique spatiale par une revue historique sommaire. Un historique approfondi est disponible chez Harley (1994).

2.1 La musique spatiale

La musique spatiale emploie le positionnement des sons, dans un espace physique ou virtuel, au service de l'œuvre musicale. Cette forme musicale est fortement associée à la musique électroacoustique car elle a connu un essor considérable avec l'apparition des premiers instruments de musique électroniques et le progrès des technologies d'enregistrement et de diffusion (haut-parleurs). Le terme *musique spatiale* qualifie des musiques électroacoustiques sur support fixe qui sont jouées pour un public dans un espace de performance doté d'un système de son multi haut-parleurs (J. Mooney & Moore, 2007). Le positionnement des sons et leurs déplacements dans l'espace devient un aspect central de la composition.

2.2 À la découverte de l'espace musical

Les toutes premières expérimentations de musique spatiale datent du milieu du XVI^e siècle et sont attribuées à Adrian Willaert et certains de ses élèves, dont Andrea Gabrielli (Zvonar, 2005). L'écriture timbrale et rythmique qui définissait à ce moment la composition musicale se trouve nouvellement complétée par la composition spatiale des éléments de l'œuvre.

Bien entendu, la musique était encore jouée et chantée ici par des ensembles de musiciens (dispersés dans un espace par exemple). Bien que le terme « musique spatiale » soit beaucoup plus récent, les œuvres de ces compositeurs sont tout de même considérées les premières contributions aux fondements de la musique spatiale telle que nous la connaissons aujourd’hui.

De nombreuses années plus tard, le compositeur français Edgar Varèse invente le concept des masses sonores. Il imagine que ces masses sonores coulent, se heurtent, se repoussent et changent à travers le temps (Varèse & Hirbour, 1983). Son langage musical pour la composition spatiale emprunte inmanquablement son vocabulaire au monde physique.

“When new instruments will allow me to write music as I conceive it, taking the place of the linear counterpoint, the movement of sound-masses, of shifting planes, will be clearly perceived. When these sound-masses collide the phenomena of penetration or repulsion will seem to occur. Certain transmutations taking place on certain planes will seem to be projected onto other planes, moving at different speeds and at different angles. There will no longer be the old conception of melody or interplay of melodies. The entire work will be a melodic totality. The entire work will flow as a river flows.” (Varèse & Wen-Chung, 1966)

Sa vision d’objets musicaux qui adoptent des propriétés presque matérielles est très importante puisqu’elle peut être retrouvée chez plusieurs autres compositeurs. Varèse collaborera notamment avec le compositeur Pierre Schaeffer, le père de la musique concrète, qui a conceptualisé le déplacement de sons dans l’espace par des trajectoires sonores qu’il mettra même en images (Schaeffer, 1952). Son ouvrage « À la Recherche d’une Musique Concrète » expose en détail les concepts d’objet sonore, de trajectoire sonore et structure

musicale. Dans les écrits de Schaeffer aussi, un vocabulaire matériel et même architectonique est employé pour décrire ses sons et ses œuvres. Comme le dit le nom, il expérimentait vers la concrétisation du son : le passage du son d'une matière première intangible à un corps tangible pouvant être manipulé par le compositeur dans l'espace réel. Schaeffer s'est d'ailleurs appliqué à la création d'une nouvelle représentation graphique tridimensionnelle des objets sonores donnant naissance du fait même au concept de la « morphologie » du son (Harley, 1994). Les trajectoires (ou morphologies) sonores deviendront particulièrement importantes à l'Exposition Universelle de 1958 à Bruxelles. L'architecte Le Corbusier et le compositeur et architecte Iannis Xenakis conçoivent ensemble un hall sonorisé : le Pavillon Philips. C'est un exemple rayonnant d'un hall de concert pour de la musique spatiale : une architecture complètement sonorisée où 425 haut-parleurs étaient dispersés dans le pavillon le long des murs et plafonds afin de faire voyager les sons dans des trajectoires précises. C'est un des premiers exemples d'installations accessibles au grand public où les spectateurs étaient encerclés par un orchestre de haut-parleurs intégré à une architecture. Pour l'occasion, Edgard Varèse compose le « Poème Électronique », une œuvre spatiale où les mouvements de masses sonores étaient chorégraphiés et même représentés dans des croquis détaillés qui ont servi de partition spatiale.

L'Exposition Universelle de 1958 a été un point tournant dans l'histoire de la musique spatiale. C'était la première fois qu'une architecture avait été conçue et sonorisée pour servir les intentions de la musique spatiale ; une vision partagée par le compositeur Karlheinz Stockhausen.

“New halls for listening must be built to meet with demands of spatial music. My idea would be to have a spherical chamber, a platform, transparent to both light and sound, would be hung for the listeners. They could hear music coming from above, from below and from all directions.” (Emmerson, 2007)

Il faudra toutefois attendre 1970 pour que cette vision se réalise lors de l'Exposition Universelle d'Osaka. L'architecte Fritz Bornemann conçoit avec Stockhausen un pavillon de spectacle hémisphérique muni de 50 haut-parleurs. Avec le groupement des enceintes en sept anneaux, dont trois étaient installés sous le plancher de la salle, c'est la première salle de concert sphérique qui est aujourd'hui un exemple canonique d'espace de musique spatiale. Comme en témoigne plusieurs dispositifs actuels qui ont aussi fait le choix de la projection hémisphérique, c'était la naissance d'un standard.

2.3 Actualisation des enjeux

Au milieu du XXe siècle, la conceptualisation de la musique spatiale et ses idées fondatrices transcendaient les technologies disponibles. On retrouve dans les écrits des compositeurs les plus notables des extraits dignes de romans de science-fiction. Mais ces compositeurs d'avant-garde ont rapidement atteint la frontière technologique qui rendait irréalisables leurs visions futuristes. Ces premiers exemples datent principalement des années 60 et 70, une période globalement dépourvue d'informatique. Le contrôle des systèmes de sons se faisait via des consoles de mixage analogiques permettant de faire du traitement de signal audio. Effectuer des opérations complexes de son spatialisé était un défi considérable.

L'état actuel des technologies permet un traitement spatial de la musique qui n'était encore pas envisageable il y a à peine 20 ans. Mais ce qui semblait hautement impossible à l'époque de Varèse est maintenant très accessible, ce qui permet l'application et même l'approfondissement de certaines théories de musique spatiale. La venue des logiciels de traitement de son nous a aussi offert une nouvelle malléabilité des systèmes en éliminant des contraintes telles que l'usage d'un potentiomètre par haut-parleur (ou groupe de haut-parleurs) (J. Mooney & Moore, 2007). Tandis que la spatialisation sonore était initialement faite via une console de mixage, les systèmes de son sont désormais des matrices de haut-parleurs en réseau gérées par des logiciels spécialisés.

Aujourd'hui les difficultés techniques de présentation et performance de musique spatiale ont majoritairement été surmontées. Là où une carence peut encore être observée c'est au niveau des interfaces de spatialisation qui sont souvent issues d'un mimétisme des systèmes analogiques. Il s'agit maintenant de créer des outils de composition spécialisés qui sont au service des particularités de la composition spatiale.

Maria Anna Harley fait un historique détaillé de la musique spatiale dans sa thèse intitulée « *Space and Spatialization in Contemporary Music: History and Analysis, Ideas and Implementations* » (1994). Ce n'est qu'une fraction de la musique spatiale qui est présentée ici. Notre synthèse des concepts clés met en contexte le travail de recherche d'un point de vue historique et théorique et nous munit d'une connaissance des origines et intentions de la musique spatiale afin de mieux circonscrire la suite de la recherche. Bien entendu, ces connaissances ne sont pas suffisantes à comprendre en quoi consiste réellement l'acte de composition, c'est pourquoi nous approfondirons le sujet lors d'entretiens avec des compositeurs.

Comme nous verrons plus tard, le vocabulaire qu'utilisent les compositeurs de musique électroacoustique spatialisée suggère l'existence d'un langage universel de compréhension et d'expression spatiale. Ainsi, y aurait-il un processus universel de composition spatiale? Si c'est le cas, la compréhension de ce langage nous permettrait de concevoir des nouveaux outils de spatialisation hautement fonctionnels et intuitifs.

2.4 La Société des Arts Technologiques et la Satosphère

En 2011, La Société des Arts Technologiques de Montréal (SAT) a inauguré la Satosphère, une salle de spectacle audio visuelle hémisphérique configurable (360°x 180°, 210° ou 230°) de 18 mètres de diamètre. 157 haut-parleurs y sont distribués en quatre anneaux dissimulés derrière des panneaux micro perforés. L'espace combine les médias audio et

visuels pour créer des expériences d'immersion sensorielle. Malgré que la Satosphère n'ait pas été conçue avec la musique spatiale comme vocation première, c'est tout de même un lieu exceptionnellement bien équipé pour des œuvres spatialisées.

Ce projet de recherche est réalisé avec le soutien de la SAT qui est aussi un regroupement de laboratoires de recherche en arts numériques, en technologies d'immersion et en développement de logiciels. Plusieurs chercheurs y expérimentent notamment avec diverses techniques de spatialisation et pour différents médiums (films immersifs, performances musicales et artistiques, etc) et sont familiers avec les logiciels de production. Tout ceci fait de la SAT un microcosme de la communauté de compositeurs de musique spatiale de par le monde. Une des spécialités de la SAT est le développement de logiciels incluant certains pour la spatialisation sonore (Wozniowski, Settel, & Cooperstock, 2006) ce qui en fait un important participant à cette recherche.

Chapitre 3 : Précédents

La musique électroacoustique et ses technologies ont subi une évolution fulgurante dans le dernier demi-siècle. De l'invention des premiers synthétiseurs aux salles de concert ambiophoniques, la musique électronique spatialisée est l'expression musicale de l'ère numérique. Nous voyons aujourd'hui que la musique spatiale a nécessité le développement de technologies et d'outils spécifiques. Karlheinz Stockhausen et Edgar Varèse se rendaient bien compte des limites des instruments de leur époque et prédisaient avec raison que les installations et les instruments musicaux auraient à évoluer pour satisfaire les nouvelles exigences de la musique électroacoustique spatialisée.

3.1 Les outils de spatialisation

Les interfaces de spatialisation ont captivé l'attention de nombreux chercheurs dans les dernières années mais elles sont loin d'être un intérêt récent. Pierre Schaeffer et Pierre Henry présentent dès 1951 le Potentiomètre d'Espace, une invention qui compte parmi les toutes premières interfaces de spatialisation. Ces premières expérimentations étaient évidemment dépourvues de technologie informatique mais démontrent l'intérêt pour les instruments et des interactions spécifiques à la spatialisation musicale. Il est sans surprise que la plus importante transition fut le passage des technologies analogiques aux technologies numériques. La grande majorité des interfaces physiques de spatialisation ont depuis été transformées en outils logiciels. Ces logiciels de traitement de son permettent la maîtrise des dispositifs de spatialisation en éliminant certaines contraintes dont l'usage d'un potentiomètre par haut-parleur. Les systèmes multiphoniques sont aujourd'hui des matrices de haut-parleurs gérées par des logiciels informatiques permettant la spatialisation d'un simple geste de souris.

De nombreux travaux démontrent l'abondance de logiciels de spatialisation actuellement à la disposition des compositeurs. Il suffirait d'ailleurs d'une recherche sur Internet pour confirmer l'intérêt grandissant et la diversité de logiciels payants et même gratuits que l'on peut se procurer. Ces précédents sont une base précieuse pour cette recherche puisqu'ils offrent des pistes de solution sur les méthodes de spatialisation, les interfaces et les interactions en composition spatiale. Dans ce chapitre, nous verrons une sélection cinq projets d'interfaces de spatialisation et nous ferons un survol de leurs particularités. Les cinq spatialisateurs sont :

1. M2 Diffusion
2. Diffusion Evolved
3. Octogris
4. SPIN Framework / Spat OSC
5. Spatium

3.1.1 M2 Diffusion

Auteurs: Adrian Moore, David Moore, James Mooney

Format : Logiciel et contrôleur MIDI

Usages : Musique, Performance musicale, Film

Année : 2004

En 2004, Adrian Moore, Dave Moore, and James Mooney créent le dispositif de spatialisation M2 (Moore, Moore, & Mooney, 2004). C'est un système de performance de musique spatiale prévu pour de la spatialisation en temps réel sur 16 haut-parleurs.

Le système « M2 » s’articule en trois temps : d’abord le système de sonorisation, puis le logiciel de spatialisation « Resound » et un contrôleur physique pour la distribution sonore (J. Mooney & Moore, 2008). Ces trois éléments permettent de livrer une performance de musique électroacoustique spatialisée dont le contenu sonore est généré et spatialisé en temps réel. « M2 » implique qu’un musicien occupe le rôle exclusif de « spatialiste » (J. Mooney, Belly, & Adam, 2008). Son seul rôle est de distribuer les sons sur le système multi haut-parleurs. À l’aide d’une interface de potentiomètres, il achemine les signaux sonores vers les haut-parleurs de son choix.

Le fait qu’un seul musicien ait le rôle de spatialiste et qu’il utilise un contrôleur spécifiquement dédié à la composition spatiale démontre d’abord que la spatialisation est un processus complexe qui exige un outil sur-mesure. Ce n’est pas un simple effet sonore mais bien un élément à part entière de l’œuvre musicale. Ici, le contrôleur est une console à 32 potentiomètres MIDI qui peuvent contrôler n’importe quel paramètre de l’œuvre. Bien que le format de potentiomètres ne soit pas une grande rupture avec la spatialisation traditionnelle, l’utilisation du MIDI permet de préserver l’interface familière d’une console de son tout en augmentant les paramètres contrôlables.

“With this software a performer can configure the 32 MIDI faders to control whichever parameters they wish. As the physical fader bank is an abstraction of the system there is nothing to suggest that this needs to be a conventional link between fader and speaker gain [...]” (Johnson, 2013)

La relation traditionnelle d’un potentiomètre par haut-parleur est donc possible mais pas nécessaire.

Moore, Moore et Mooney soulignent quelques limites de la proposition. Tout d'abord, l'absence de repère visuel (*visual feedback*) par interface graphique faisait en sorte que le spatialiste perdait parfois le fil des sons déjà mixés et ceux qui n'étaient pas encore traités. Aussi, malgré une interface conçue spécifiquement pour la spatialisation, il était très exigeant de spatialiser plusieurs pistes en simultanément. Tel que conclut Mooney, ce défi ouvre la porte au développement d'une virtuosité dans l'usage de l'interface, mais cela représente aussi une limite majeure puisque les œuvres électroacoustiques sont souvent composées de plusieurs dizaines de pistes.

En terminant, du point de vue de l'interaction, M2 n'est qu'une première étape puisque l'interface préserve globalement la forme et la sémantique d'objet d'une console à potentiomètre. Mooney souligne d'ailleurs qu'à long terme il n'est pas suffisant de réutiliser d'anciennes interfaces, il faut concevoir des interfaces spécifiques à la spatialisation musicale.

“Ultimately, however, the technology has not been designed specifically for sound diffusion, and is therefore not as well suited for this purpose as might be desirable.” (J. R. Mooney, 2006)

3.1.2 Diffusion Evolved

Auteur: Bridget Dougherty Johnson

Format : Logiciel et interface de table

Usages : Musique, Performance musicale

Année : 2012

En 2012, Bridget Dougherty Johnson propose l'interface *tactile.space* (Johnson, 2013), une interface tangible inspirée de la ReacTable (Kaltenbrunner, Jorda, Geiger, &

Alonso, 2006) et des travaux du groupe *Tangible Bits* (Ishii & Ullmer, 1997). Il s'agit d'une interface de table (*tabletop interface*) qui permet de distribuer des pistes audio dans un dispositif de spatialisation. L'interface graphique consiste en une liste des pistes audio sur la marge gauche de l'écran qui sont représentés par des carrés de couleur chiffrés, d'une représentation 2D du dispositif de spatialisation illustrant la configuration des haut-parleurs, et enfin, de deux contrôles pour démarrer et interrompre la performance.

En sélectionnant une piste audio dans la liste, le performeur est en mesure de définir la distance et l'« étalement » perçu de la piste (le nombre de haut-parleurs qui émettront le son de cette piste) en traçant un arc de cercle couvrant la zone d'où elle proviendra. Cette forme de représentation graphique de l'interface ajoute un repère visuel qui est absent dans les travaux de Moore et Mooney. Ici, le ou les performeurs peuvent rapidement identifier les sons localisés et plus aisément suivre le déroulement et l'évolution de leur performance.

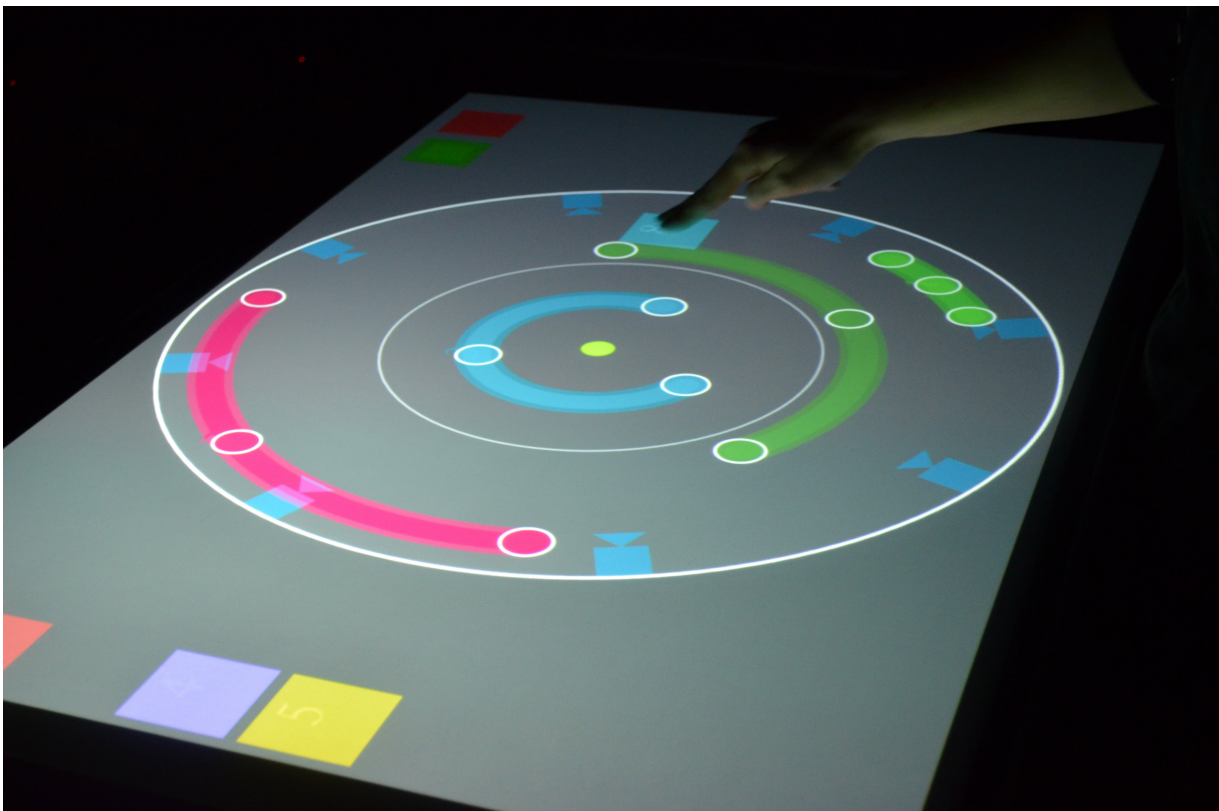


Figure 2 : L'interface tangible *tactile.space*

tactile.space propose un modèle d'interaction significativement plus intuitif que les systèmes de potentiomètres des consoles de mixage traditionnelles. Il est facile de comprendre le fonctionnement de l'outil puisque Johnson limite l'abstraction de l'interface en traçant un lien direct entre le geste, sa représentation graphique et le retour auditif. Sur l'écran de table, des cercles concentriques représentent le dispositif multiphonique et le musicien interagit directement avec cette représentation.

3.2 Interface de performance vs. interface de composition

M2 et *tactile.space* sont d'importantes références mais sont toutes deux des interfaces de performance. Leur usage met donc le musicien en mode de spectacle, état où peu, voire pas, de modification du son est possible. De la composition à la performance sur scène, la spatialisation est d'importance capitale à toutes les étapes du processus de création. Ce projet de recherche s'intéresse avant tout à l'étape de création en studio et non à la performance en spectacle. Les trois prochains exemples sont des outils davantage axés sur la composition spatiale faite en studio.

3.2.1 OctoGRIS

Auteur: Groupe de Recherche en Immersion Spatiale (GRIS), Université de Montréal

Format : Plugiciel VST et AU

Spécificités / Usages : musique, support fixe

Année : 2010

L'OctoGRIS a été conçu particulièrement pour faire de la spatialisation en octophonie dans des dispositifs comptant jusqu'à 32 sources. L'interface graphique inclut un visualisateur

de la spatialisation et permet au compositeur de positionner librement les haut-parleurs pour s'adapter à toute configuration de haut-parleur, qu'elle soit standard ou non.

La musique spatiale implique la composition de sons pour l'espace et aussi la composition de sons dans l'espace. Octogris est un outil de spatialisation qui s'intègre aux logiciels de composition existants et permet au compositeur de faire simultanément une recherche timbrale et spatiale des sons. Alors que certains spatialisateurs séparent les étapes de composition et de spatialisation, Octogris intègre la spatialisation à la composition. Ceci fait en sorte que le compositeur puisse explorer des comportements spatiaux des sons sans va-et-vient entre plusieurs logiciels et sans interrompre son processus de composition.

Chaque piste, ou groupe de pistes, est spatialisé individuellement et leurs mouvements peuvent être enregistrés et automatisés. Il inclut également certaines figures prédéfinies pour aider la composition tel que la spatialisation de deux canaux en symétrie et des déplacements circulaires à rayon fixe.

Enfin, Octogris est un plugiciel de spatialisation qui est simple et accessible à tout moment de la composition. L'interface épurée affiche peu de valeurs numériques faisant de l'expérience d'usage une exploration sonore intuitive et sensible où le compositeur peut se préoccuper d'écouter son travail sans être distrait par des représentations spatiales excessives ou des valeurs numériques superflues.

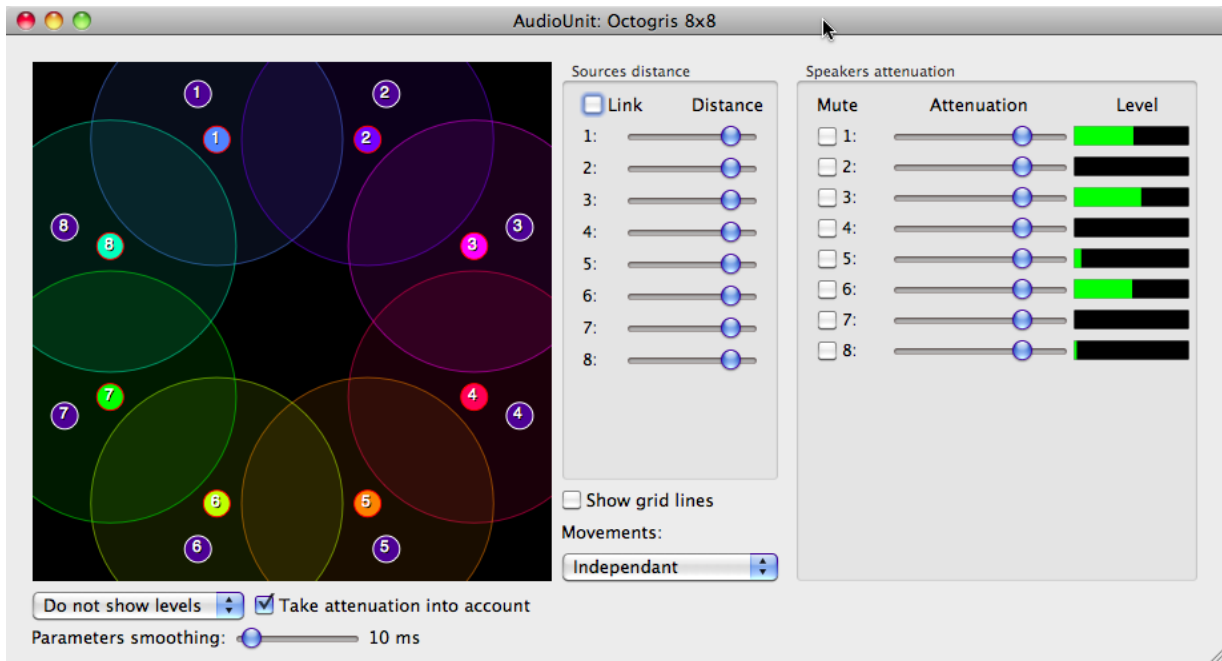


Figure 3 : Une fenêtre de travail de l'Octogris

3.2.2 SPIN Framework DSP / Spat OSC

Auteurs: Mike Wozniowski & Zack Settel, Société des Arts Technologiques, Montréal

Format : Suite logicielle et Bibliothèque C++ pour l'Interaction Spatiale

Usages : Modélisation 3D, spectacles audiovisuels immersifs, installations interactives

Année : 2006

SPIN Framework (2006) est un logiciel pour créer des installations et projections audiovisuelles interactives immersives. L'environnement 3D du logiciel prend bien évidemment en charge la représentation tridimensionnelle des environnements, mais il prend aussi en charge le rendu audio spatial grâce à la librairie *Spat OSC*. En effet, SPIN est capable d'agir comme engin de jeu vidéo et peut être utilisé pour créer des performances pour dôme avec de l'audio ambiosonique généré en temps réel. Aussi, étant donné que SPIN

est un logiciel dit agnostique - qui ne dépend pas du système de haut-parleurs - une œuvre créée dans SPIN peut être jouée dans n'importe quel dispositif de haut-parleurs (peu importe le nombre de haut-parleurs disponibles) sans nécessiter des changements au fichier lui-même.



Figure 4 : Installation audio-visuelle interactive utilisant SPIN et SpatOSC

En 2012, une première version de *Centor* a été réalisée avec SPIN. Cette première itération de *Centor* était une interface gestuelle de localisation sonore en temps réel pour une performance musicale dans la Satosphère. L'intérêt de SPIN est qu'il a éliminé entièrement la technique (les contrôles paramétriques) de l'interface de spatialisation sur scène. L'interface éliminait le besoin de paramètres que l'on retrouve dans d'autres spatialisateurs puisque toute l'interaction était gestuelle. La composition spatiale était intuitive, interactive et visuelle grâce la projection vidéo sur l'écran sphérique de la Satosphère. Une caméra 3D captait les gestes du performeur qui utilisait des gestes simples tels que tirer, pousser, saisir, pour déplacer et distribuer la musique selon le positionnement de son corps (Mercier-Nguyen, 2012).



Figure 5 : Performance avec le premier prototype de Centor (alpha) dans la Satosphère

Certains logiciels de spatialisation donnent un grand contrôle des caractéristiques acoustiques spatiales. Ici, SPIN calculait la propagation du son, la distance perçue, les atténuations, des paramètres qui n'étaient définis qu'une seule fois au démarrage de l'installation. Le musicien interagissait ainsi directement et en temps réel avec les sons qui provenaient d'une guitare électrique.

Ce contrôleur a démontré l'intérêt d'une interface qui fait référence au monde physique pour manipuler les objets sonores. Ce que SPIN nous a appris est que la spatialisation par modèle physique est un langage excessivement facile à apprendre puisqu'il est tout simplement basé sur notre connaissance du monde réel. Bien que SPIN ait été utilisé avec un certain succès dans le cas de ce projet, le logiciel n'a pas été conçu pour être utilisé avec des

séquenceurs et des logiciels de composition ce qui fait de ce modèle un candidat improbable pour un usage répandu par des musiciens. C'est aussi un logiciel qui exige que ses utilisateurs aient certaines compétences en programmation et en modélisation, ce qui limite d'autant plus son utilisation. De plus, malgré que l'absence de paramètres modifiables en cours d'utilisation puisse être un atout, comme mentionné précédemment, il serait certainement avantageux pour les compositeurs de pouvoir modifier leurs sons pendant l'utilisation.

3.2.3 Spatium

Nom : Spatium

Auteur: Rui Penha, Université d'Aveiro / INET-MD

Format : Plugiciel VST

Spécificités / Usages : musique, performance, support fixe

Année : 2013

Spatium est une suite de plugiciels de spatialisation qui explorent différentes avenues d'interaction. L'auteur distingue trois types de spatialisation et d'interfaces graphiques : dynamique, cinématique, gestuelle (Penha & Oliveira, 2013).

Penha explique que les contrôles dans les interfaces dynamiques se préoccupent de la cause du mouvement. Des paramètres tel que la gravité et la friction sont plus déterminants que les traditionnels paramètres de déplacement comme les vecteurs et les accélérations.

Les interfaces cinématiques font une spatialisation plus traditionnelle. Elles se préoccupent de la géométrie du mouvement (positionnement, vitesse, accélération, etc.). Dans ces interfaces les compositeurs peuvent par exemple définir les déplacements des sons en indiquant une succession de points par lesquels passera le signal.

Quant à la spatialisation gestuelle, elle est caractérisée par un lien causal entre l'action du compositeur et le mouvement musical. Elle donne au compositeur le contrôle direct sur la provenance du son via un dispositif tactile (tel qu'une tablette) où jusqu'à 16 canaux peuvent être contrôlés simultanément sur une interface 2D.

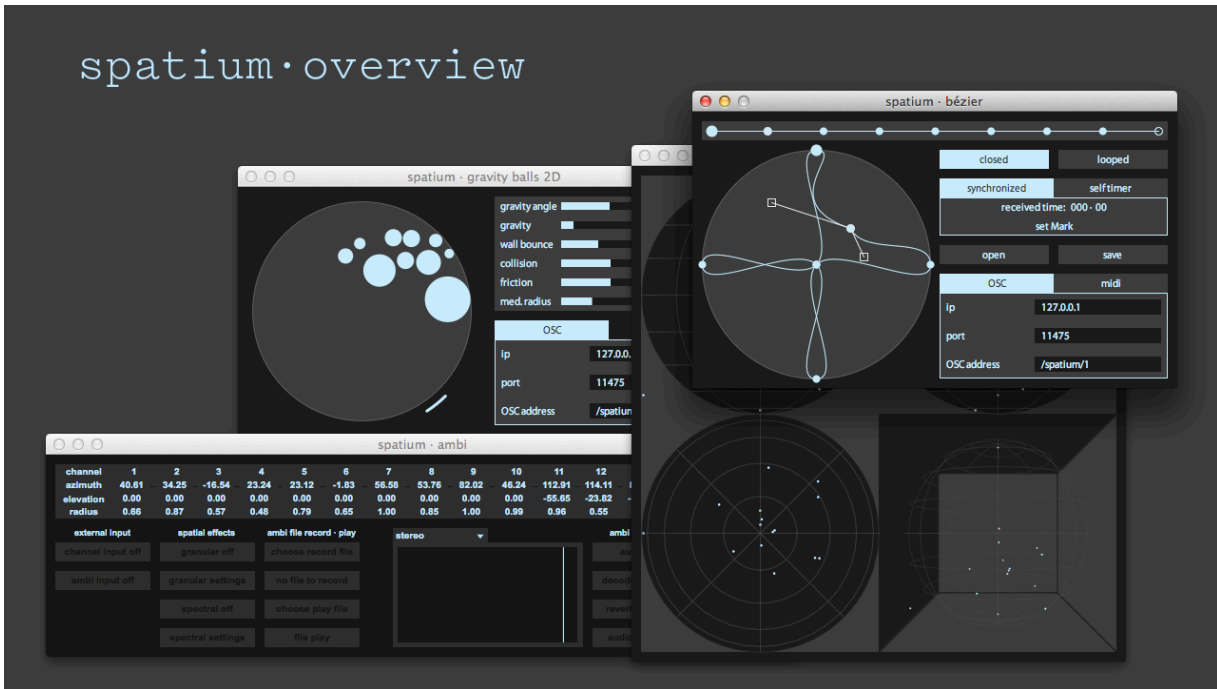


Figure 6 : Les différentes interfaces graphiques pour contrôler Spatium

L'implémentation d'interfaces qui utilisent des engins de physique (calculs de rebondissement, gravité, friction) permet une utilisation intuitive à l'intérieur de l'outil de spatialisation. Puisque chaque type d'interaction est restreint à une interface et parfois une sorte de mouvement spatial (circulaire, pendulaire ou linéaire) la création de trajectoires sonores atypiques peut être plus difficile. Enfin, au moment d'écrire ce mémoire, Spatium ne peut être utilisé que pour les configurations planaires de haut-parleurs (i.e. un anneau de haut-parleurs). Spatium trouve toutefois un équilibre entre le contrôle paramétrique et le contrôle géométrique, une distinction qui sera expliqué au point 3.3. Spatium prend la forme d'un spatialisateur à paramètres qui ne sont pas strictement des paramètres audio. Tantôt des règles

d'un système physique tantôt acoustiques (réverbération, granularité). Penha souhaite encourager l'expérimentation spatiale et le développement de nouvelles approches à la spatialisation musicale, chose que Spatium fait avec brio.

3.3 Les approches de spatialisation : paramétrique vs géométrique

Ces exemples d'interfaces peuvent aussi être catégorisés par leur approche à la spatialisation. Nous pouvons distinguer l'approche paramétrique et l'approche géométrique. La première est issue des consoles de mixages traditionnelles et se préoccupe du « combien ». L'utilisateur a le contrôle direct sur la quantité de signal que reçoit chaque canal audio et l'intensité des paramètres de réverbération, dispersion, etc. Combien de signal doit être envoyé ici ou là ?

L'approche géométrique quant à elle est issue de la modélisation 3D et des environnements virtuels. Elle se préoccupe du « où ». L'utilisateur a avant tout le contrôle direct sur la provenance du son ; où se trouve ce son, d'où semble-t-il venir ? Le logiciel peut prendre en charge les caractéristiques acoustiques de dispersion, réverbération, etc.

Les outils de spatialisation paramétriques sont les plus couramment employés dans le studio. Ils utilisent le langage tridimensionnel de la géométrie euclidienne. En indiquant les coordonnées dans un repère à trois axes (x ; y ; z) les changements dans chacun de ses axes sont enregistrés à travers le temps. Ce type de repère est universel dans les logiciels de modélisation 3D. Il est donc sans surprise que nous retrouvons cette même référence en spatialisation sonore. Toutefois Tony Myatt nous rappelle que la spatialisation sonore est une des facultés humaines les plus naturelles et que la paramétrisation systématique du son n'a peut-être pas lieu d'être.

« It seems quite likely that we do not have any perceptual mechanism which enables us to hear very complex, abstract sound trajectories and certainly not if they are presented to us without context or frame-of-reference in the audio domain. This implies that it may not be appropriate to describe sound location using a Euclidian geometric space if they are intended to be percieved by a system that cannot interpret the parameters of Euclidian space. »

(Myatt, 1998)

Notre compréhension du son dans l'espace est profondément liée à notre expérience acoustique empirique. Les sons de la nature et les sons urbains sont nos références sonores les plus évocatrices lorsque vient le temps de spatialiser du son. Mais si nous étions pour éliminer la géométrie euclidienne de la spatialisation, comment alors l'espace serait-il exprimé et maîtrisé?

Chapitre 4 : Méthodologie

Pour tenter de répondre à cette question nous procéderons à un processus d'entrevue avec des compositeurs afin de mieux comprendre comment ils créent des espaces en musique électroacoustique. Les deux prochains chapitres présenteront l'approche méthodologique et les résultats de recherche.

Cette recherche a employé une méthodologie inspirée de la théorisation ancrée développée par Glaser et Strauss (Glaser & Strauss, 2009). La théorisation ancrée est une stratégie pouvant être employée afin de faire émerger une théorie des perceptions, pratiques et expériences communes des intervenants (John W Creswell, 2003). Issue des sciences sociales, cette méthodologie nous permettra de devenir familier avec les principaux processus et préoccupations des compositeurs de musique spatiale. Étant donné que nous nous intéressons aux méthodes de travail et aux modèles mentaux utilisés par ces compositeurs, une méthodologie qualitative a semblé la plus adaptée. Le sujet à étudier ici est un savoir-faire dans la discipline relativement jeune de la composition de musique spatiale. Les fondements théoriques de la musique spatiale sont disponibles dans la littérature et ont été étudiés en profondeur par la recherche en musique. Toutefois, à travers des entrevues avec des compositeurs, nous avons été en mesure d'observer certains de ces concepts et d'apprendre dans une certaine mesure la place qu'occupe la théorie dans les pratiques de composition de musique spatiale.

4.1 Limites

La méthode de théorisation ancrée préconise un échantillonnage nombreux afin d'observer le plus grand nombre de récurrence dans les témoignages. Dans le cas de cette

recherche, nous avons effectué cinq entrevues avec des compositeurs. Nous pouvons aussi mentionner que les cinq intervenants étaient des hommes montréalais et, bien que rien ne suggère qu'il y aurait des différences majeures dans le processus de composition, il serait pertinent pour des entretiens futurs de diversifier l'échantillonnage dans ce sens. La Satosphère reçoit des dizaines d'artistes internationaux à chaque année. Il est envisageable dans des travaux futurs de faire des entretiens avec des artistes d'autres pays ayant créé des œuvres pour la SAT. Souvent en voyage pendant des périodes prolongées ou simplement basés à l'international, le processus d'entrevue avec des artistes étrangers serait plus laborieux. Leur contribution pourrait toutefois offrir une compréhension plus approfondie de la spatialisation et même, de la Satosphère et des environnements musicaux immersifs.

Nous avons appliqué la stratégie de théorisation ancrée à une discipline relativement jeune, très changeante et aux pratiques variées. Ceci a rendu le processus d'analyse complexe puisque les outils de composition et les expériences des intervenants étaient divers. Dans un premier temps, l'objectif de la recherche était de suggérer l'existence d'une mécanique universelle du processus de composition spatiale. La méthodologie de théorisation ancrée est l'outil nécessaire à la génération d'une telle connaissance. La musique spatialisée est l'exemple d'un mouvement musical alimenté principalement par les expérimentations que font les compositeurs de musique électroacoustique et acousmatique avec des nouveaux outils et de nouvelles technologies.

« A key idea is that this theory-development does not come “off-the-shelf”, but rather is generated or “grounded” in data from participants who have experienced the process. » (John W. Creswell, 2012)

Il s'agit dans cette recherche de puiser dans la pratique afin de découvrir comment les expériences des compositeurs peuvent informer le design d'un outil de spatialisation. En somme, bien qu'il y ait beaucoup de limites à cette méthodologie, c'est la stratégie la plus adaptée pour cartographier le processus de composition spatiale.

4.2 Collecte de données

La collecte de données a été faite par une série de cinq entretiens auprès d'informateurs (Létourneau, 2006). Des entrevues semi-dirigées ont été faites avec des compositeurs ayant créé des œuvres spatialisées pour la Satosphère ou d'autres espaces de concert hémisphériques similaires. Les questions ont mené par moment à des explications très élaborées, tantôt techniques, tantôt métaphoriques. Pour ces raisons, il a semblé à propos d'éviter une structure d'entretien excessivement rigide. Le format de discussion a ainsi permis aux intervenants de parler librement de leur méthode de composition et de spatialisation. Ce choix a été fait afin de laisser libre cours au fil de pensée des compositeurs et d'éviter qu'ils se sentent jugés lorsqu'interrogés sur leur approche créative personnelle. Bien entendu, cela représente une difficulté puisqu'il était commun pour les intervenants de divaguer au fil de leurs explications, comme le souligne Bailey.

« During an unstructured interview, the interviewee is given fairly free range to talk about any aspect related to the broad interests of the researcher, as long as he or she does not stray too long or too far from what the researcher thinks is important. » (Bailey, 2007)

Afin de faciliter les échanges, les entretiens ont eu lieu en privé dans le lieu de travail respectif des intervenants afin d'établir un contexte clair à la discussion. Le studio personnel ou laboratoire de recherche (souvent aussi un studio) a permis d'obtenir des références directes à certains outils que les intervenants utilisent quotidiennement et parfois d'avoir des démonstrations de leur usage.

J'ai personnellement mené chacun des entretiens. La durée des entrevues était d'environ 60 minutes, à l'exception d'une d'entre elles qui a durée 120 minutes. Ma formation en musique et ma connaissance du fonctionnement de la Satosphère ont fait en sorte qu'un dialogue technique était possible sans ralentir la progression des discussions.

N'oublions pas que la méthodologie de théorisation ancrée nécessite traditionnellement un grand nombre d'intervenants. Dans cette recherche nous avons travaillé avec cinq participants dont quatre compositeurs et un ingénieur de son qui fait du design sonore. Il est rapidement devenu évident que leurs préoccupations principales quant à la création d'œuvre dépendaient des spécificités de leur pratique. Malgré que les styles de composition varient de musiques de films immersifs à des musiques dites « sérieuses » ou « de recherche », il a été possible de tracer des liens entre les témoignages des répondants.

4.2.1 Structure des entretiens

En pratique, les questions d'entrevues ont été adaptées selon le participant, autant dans leur formulation que l'ordre dans lequel elles étaient posées. Les discussions devaient invariablement toucher quatre thèmes : 1) Leur pratique ; 2) Comment et pourquoi ils emploient la spatialisation ; 3) Le processus de création d'une œuvre spatialisée ; 4) Les outils de composition utilisés avec commentaire sur leur expérience d'usage.

4.3 Traitement de données

Des enregistrements audio des discussions ont servi de support pour la retranscription partielle des entretiens par écoute répétitive. Puisque les interventions étaient parfois anecdotiques, une retranscription partielle a été jugée suffisante pour extraire les idées les plus importantes. En discutant avec les compositeurs de certaines de leurs œuvres, nous avons parfois obtenu un détail exhaustif de leur travail. Ces détails qui ont servi de contexte pour les explications ne représentaient pas systématiquement des données indispensables pour notre compréhension de leur pensée.

Les retranscriptions ont été traitées dans le logiciel d'analyse qualitative QDA Miner. Les sujets de discussion ont été indexés par codes et sous-codes selon les thèmes de discussion cités plus tôt. Une idée pouvait ainsi être sous-codée comme une référence à l'« émergence de forme » à l'intérieur d'un passage traitant de l'« automatisation des outils ». Dans plusieurs cas, les participants ont soulevé les mêmes enjeux avec un vocabulaire différent ce qui a rendu la catégorisation difficile par moments. Ainsi la hiérarchisation des codes a traversé plusieurs itérations. Voici la structure finale du codage en ordre d'intérêt et de fréquence à laquelle sont survenus les sujets :

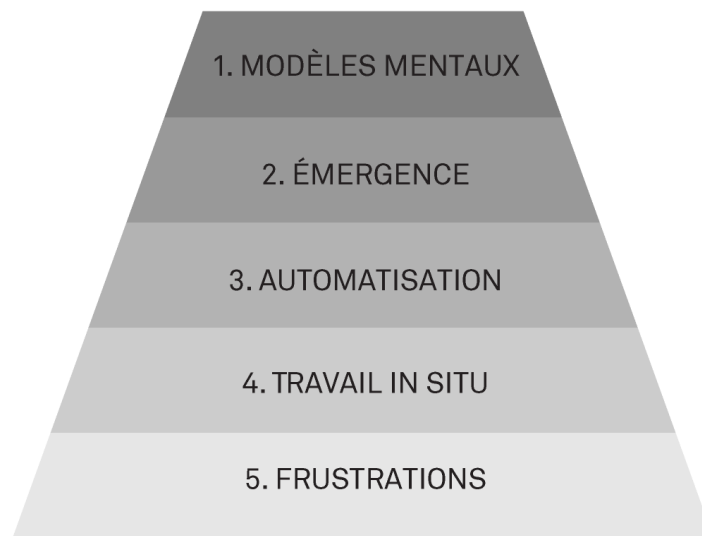


Figure 7 : Structure du codage dans QDA Miner

4.4 Analyse des données

Une fois les données classées, nous avons extrait les concepts qui ont été exprimés par plusieurs participants. Le niveau de détail des explications variait grandement d'un participant à l'autre, généralement attribuable au degré de technicité de sa pratique. Par exemple, les participants techniciens pouvaient parler précisément de certains processus informatiques, tandis que ceux plus investis dans l'exploration artistique s'exprimaient d'un vocabulaire

davantage métaphorique. Chaque entrevue a tout de même contribué à une meilleure compréhension des pratiques de composition spatiale et nous en avons extrait des opportunités de design pour la suite de ce travail.

Chapitre 5 : Résultats

Ce chapitre présente des extraits des discussions avec les compositeurs. Les interventions sont groupées par thème de conversation.

5.1 Les modèles mentaux

Lorsque vient le moment de mettre en espace un ou des sons, chaque compositeur utilise un modèle mental dont il s'inspire. Tous cherchent à produire des effets d'espace qui reflètent un référent sonore qui les interpelle.

« Les mouvements de flux et reflux, par exemple. Les mouvements de vague sur la plage, tous ces mouvements là, les rebonds, sont tous des archétypes qui existent et que tous les êtres humains partagent parce qu'on partage plus ou moins cette expérience là partout sur la planète. Donc la musique électroacoustique elle, est fabriquée de ces archétypes là. »

« Je voulais que chaque son soit localisé dans l'espace de sorte que - on peut imaginer un xylophone à 12 notes - chaque note est distribuée de façon sphérique dans l'espace, ce qui fait qu'on se retrouve à l'intérieur de l'instrument en quelques sorte. »

« Alors imagine avec un dôme. [...] là tu es vraiment dans un environnement qui est vraiment complètement immersif avec là tout à coup des

sons qui peuvent venir de partout et dans lesquels tu peux te promener littéralement.»

«[...] le défilé c'est un excellent exemple d'un potentiel pour une musique qui bouge, c'est à dire les sources qui bougent, et les auditeurs qui bougent aussi. Quand il y a un défilé qui passe devant toi, tu peux rentrer dans le défilé et à ce moment là c'est la continuation de la musique. Tu peux marcher dans le sens inverse et tu as une cadence de musique deux fois accélérée parce que ça change. Et tout d'un coup tu dis, ahh ! Il y a des possibilités ici. »

« Donc le séquenceur a un certain comportement, et à partir du moment où tu conçois un espace avec un objet [qui a] un comportement physique - à partir du moment où tu peux créer un séquenceur avec cette approche là, avec comme opérateur des variations, des changements d'angles, de vent qui va dépister un peu, une force magnétique qui va attirer et tout ça - il y a beaucoup d'opérations que tu peux faire sur ta séquence pour changer son évolution dans le temps. »

C'est sans surprise que la nature et le monde physique sont les plus grandes sources d'inspiration pour la spatialisation musicale. Même dans le cas de musiques d'accompagnement comme des musiques de film, les déplacements de son s'inspirent de la nature. Ceci a donné lieu à des discussions sur les différents types de logiciels utilisés pour la spatialisation. Les intervenants séparent clairement les approches paramétriques des approches géométriques. La première consiste à spatialiser principalement à l'aide de coordonnées et de paramètres de réverbération et de dispersion quantifiés tandis que l'autre utilise la modélisation 3D pour laisser ces calculs à l'ordinateur. Dans le deuxième cas, des objets dans l'environnement 3D virtuel représentent des sons qui peuvent être déplacés intuitivement par le compositeur. Les déplacements visibles à l'écran sont ensuite traduits en déplacements sonores que l'on peut entendre sur le système de son du dispositif. D'autres approches

existent, mais notons que ces méthodes correspondent à deux technologies fondamentalement différentes ; d'une part les coordonnées tridimensionnelles et d'autre part une technologie beaucoup plus récente : les engins de jeux vidéo. Nous n'iront pas plus en détail dans le fonctionnement de chaque approche, mais retenons simplement que la seconde est bien plus intuitive pour l'utilisateur et aussi plus complexe d'un point de vue informatique. Chacune de ces méthodes présentent leurs avantages et ne sont pas applicables à tous les types d'œuvre.

5.2 L'émergence

L'émergence signifie ici une manifestation formelle musicale qui surpasse les intentions du compositeur.

« [...] ce qui motive le choix de garder quelque chose versus un déchet, c'est que je vais arriver à faire quelque chose où je vais mettre les choses ensemble et cette chose va avoir des propriétés émergentes qui vont dépasser ce que j'avais prévu. »

« [...] ce qui m'emballerait [...] ça serait de prédéterminer, en fait, des règles très strictes et déterministes, ce qui fait que les règles ne changent jamais, mais ce qui en résulte va toujours donner des choses beaucoup plus complexes et beaucoup plus hasardeuses et chaotiques. »

Un des intervenants a parlé très spécifiquement d'organicisme dans son approche de composition, affirmant même que « c'est en l'artiste d'essayer de représenter une certaine sublimation de la nature ». Bien que les autres répondants n'aient pas été aussi précis dans leurs explications, le thème de l'émergence est survenu lors de plusieurs entretiens. Il semble

que les compositeurs valorisent la découverte d'une expression musicale d'une complexité parfois inespérée et imprévisible qui surpasse leurs intentions initiales.

« À la fin de la journée c'est d'arriver à découvrir une musique qui surgit d'une certaine technique, une certaine approche. »

À priori, un processus de composition qui intègre des « accidents » doit d'abord être souhaitée par le compositeur, mais l'outil de composition a aussi le rôle d'encourager ce type d'exploration. Certains répondants valorisent même les accidents et les erreurs liées à l'usage de certaines technologies. Dans le contexte de la composition spatiale, il est d'autant plus pertinent de suggérer une prise en charge interne de l'œuvre vu les qualités organiques qui sont données à la musique. C'est à dire que le vocabulaire de l'organique que l'on observe chez les compositeurs devrait être représenté dans l'outil de travail. Le processus ne se limiterait plus au contrôle absolu du compositeur sur l'outil mais s'étendrait à de la collaboration et co-création entre le compositeur et son outil.

Ici, un des répondants donnait l'exemple d'une de ses œuvres interactives dans laquelle le musicien (utilisateur du système) portait un contrôleur sur la tête ; un casque muni de capteurs de mouvement et d'orientation.

« C'était une musique qui "groovait" donc tu bougeais la tête, mais en bougeant la tête, t'as touché aux contrôles. ÇA c'est vachement intéressant parce que t'es pas sûr si c'est toi qui as eu l'idée ou si c'est l'idée qui t'as inspiré. »

5.3 L'automatisation

L'automatisation qualifie certains processus techniques qui sont pris en charge par les logiciels de composition pour accélérer ou faciliter certains aspects de la composition. Les compositeurs ont surtout fait référence à l'automatisation sous la forme d'une banque d'archétypes de spatialisation.

« Il n'y aucune raison que tous les compositeurs du monde entier [...] aient à refaire un son qui circule en rond, des spirales, ou des mouvements de pendule : des archétypes. »

« [...] la musique électroacoustique est essentiellement basée sur des archétypes sonores parce que la musique électroacoustique n'a pas de langage encore, son langage n'est pas défini. »

« [...] c'est de voir comment on peut arriver à faire des patrons complexes de diffusion. C'est à dire que... Là, la manière que je vois ça, je peux juste le voir de manière linéaire. J'ai un son et je le diffuse ou je le déplace ou j'ai plusieurs sons et je les diffuse ou je les déplace, mais si je veux avoir une plus grande complexité dans les déplacements, je n'ai pas le choix que d'incorporer un système assez complexe qui installe des règles. »

« [...] c'est certain qu'il y a des fois, je me dis "fuck! Si je pouvais avoir quelque chose qui roule tout seul ça serait génial." »

La notion d'automatisation peut être apparentée à certains aspects de la spectromorphologie, un terme développé par Denis Smalley que nous verrons au chapitre 7.

La typologie de la spectromorphologie suggère qu'il existe un nombre fini de catégories de mouvements sonores en musique spatiale. En effet, les compositeurs partageraient un ensemble de références communes, entièrement basées sur des référents physiques : des expériences empiriques de spatialisation. Cela peut être le va-et-vient de vagues, le cri d'un oiseau en vol ou une ambulance qui nous passe à toute vitesse. Des vécus sonores que nous pouvons qualifier d'universels. Dans les discussions sur l'automatisation, nous avons pu identifier deux points de vue. D'une part, il s'agirait d'automatiser les figures de spatialisation sonores typiques qui se retrouvent souvent dans leurs compositions. La majorité des intervenants s'entend pour dire qu'une telle banque de pré-réglages accélérerait leur processus. Un participant a même spéculé qu'une fois les archétypes de spatialisation disponibles, les compositeurs devront éventuellement se démarquer par de nouveaux motifs plus complexes ce qui fera ultimement évoluer l'art.

« On doit prendre une piste, la mixer, ensuite cette piste là, une fois mixée elle doit être mise en relation avec une autre piste qui n'est pas mixée, donc elle aussi doit être mixée en relation avec l'autre et etc., et de faire tout ça en même temps c'est très difficile à moins d'introduire dans ton système des algorithmes qui relèvent de la stochastique ou de l'intelligence artificielle. »

Le sujet a été approfondi avec un des intervenants qui a soulevé les algorithmes de décision. Dans l'optique d'une musique aux qualités organiques, un compositeur a parlé d'une approche systémique à la composition spatiale à combiner à l'usage d'archétypes de spatialisation. Alors, de la même façon que les compositeurs sériels ont définis leurs règles de composition, les objets sonores pourraient faire certains « choix » musicaux (avoir certains comportements autonomes) en étant soumis à des lois (physiques ou autres) définies par le compositeur. Il serait ainsi possible de structurer une œuvre en attribuant des comportements aux objets sonores en leur permettant même de s'influencer entre eux selon une série de règles, sans nécessiter l'intervention continue du compositeur.

L'automatisation peut, bien entendu, se manifester sous plusieurs formes, elle peut libérer le compositeur de certaines décisions et elle peut aussi exécuter des tâches tout simplement fastidieuses ou répétitives. Un exemple d'une tâche fastidieuse est le processus de conversion d'une œuvre pour qu'elle puisse être jouée dans un nouveau dispositif.

5.4 Les modes selon le dispositif

L'automatisation servirait également à faciliter la transposition d'œuvres entre différentes installations de musique spatiale. « Mode par dispositif » est un thème soulevé par une fonctionnalité disponible dans certains logiciels de spatialisation. Ces modes contiennent des préséglages qui prennent en charge la disposition des haut parleurs du dispositif selon les différents standards de spatialisation (américain, européen, cinéma, etc.).

« [...] il y a un intérêt technique, c'est que ça marche indépendamment du audio hardware pour le playback. Donc ton enregistrement c'est juste "x" sources qui sont là, un microphone virtuel, *virtual listener* qui est placé dans l'espace et, selon le *hardware* que tu as choisi pour faire le rendu, tu as un rendu pour tel système, tel système, donc c'est un enregistrement indépendant du format de rendu. »

« [...] toute la job de spatialisation est faite à l'intérieur d'un environnement 3D qui lui peut "runner" sur un laptop parce que c'est juste un univers en mesh [...] Et si tu vas dans un espace qui a 25 canaux, tu enlèves des micros (virtuels) et *click re-render*: ton show est déjà fait, t'as pas besoin de remixer. Ça c'est génial. »

« [...] les pièces multiphoniques, multicanales, c'est toujours problématique si tu n'es pas là pour faire tout l'ajustement qu'il faut quand tu tombes sur un autre

dispositif. [...] quand tu changes d'endroit [...] le Zirkonium fait la transposition littérale de ta pièce et tu n'as rien à faire. [...] L'avantage avec le Zirkonium c'est que [les compositeurs] vont pouvoir travailler ici [dôme de 16 haut-parleurs] et quand les pièces vont être prêtes, ils pourront aller les tester sur le dôme de 32 haut-parleurs de l'autre côté et de les jouer n'importe où.»

Les dômes employés pour de la musique spatialisée sont de plus en plus nombreux et peuvent employer de 4 à plusieurs dizaines de haut-parleurs selon différents standards (européen, américain, etc.). Ne perdons pas de vue que la Satsphère compte 39 canaux et plus de 150 haut-parleurs. La transposition d'une œuvre d'un dispositif à un autre peut exiger des heures de travail de la part du compositeur pour que la reproduction dans une nouvelle installation soit fidèle à l'original. Ainsi, un outil de spatialisation qui intègre différentes configurations de haut-parleurs évite aux compositeurs de continuellement reprogrammer le déploiement de leur œuvre pour chaque lieu. Un avantage évident de pouvoir transposer son œuvre est de faciliter la diffusion des œuvres partout dans le monde sans avoir à systématiquement refaire la spatialisation, ce qui nécessite généralement que le compositeur se rende sur place.

5.5. L'importance du travail *in situ*

Nous parlons ici du lieu prévu à la performance de l'œuvre, ou du moins, d'un lieu équivalent voir identique. Les compositeurs ont insisté sur l'importance du travail en salle dans leur processus de composition.

« Alors comment composer pour ça et poser des gestes significatifs? C'est impossible de les imaginer en dehors de la situation réelle du travail de composition. »

« [...] j'ai pas le choix que de travailler immédiatement dans l'espace de diffusion parce que ça facilite énormément le workflow et ça diminue la charge de travail est ça évite de faire des trucs en double. »

« S: Et alors comment est-ce que tu construis ça ? [...]

ZS: Dans l'ordinateur mais ce n'est que dans le dôme où tu as une lecture de contenu qui est extraordinaire. À la limite c'est presque nécessaire, au moins pour faire la recherche. »

« Tout le monde n'a pas accès au studio en permanence - les étudiants ne viennent plus travailler ici de toute façon, ils travaillent tous chez eux - donc si chez eux ils ont l'opportunité de travailler et d'avoir une espèce de simulation, ils vont commencer à l'utiliser [...] et si après ils ont une commande de la SAT, ils vont arriver là bas avec déjà quelque chose qui est très avancé et qui marche déjà sur le plan musical. »

Les équipements dont disposent les compositeurs varient énormément d'un studio personnel à l'autre. Certains ont accès à des dômes de haut-parleurs, d'autres n'ont qu'un système stéréo, mais tous disent qu'il faut impérativement travailler dans l'espace de concert pour comprendre et profiter du plein potentiel du dispositif de musique spatiale. Tous les compositeurs passent par une phase finale de perfectionnement dans l'espace de concert hémisphérique, mais cela ne suffit pas. Il faudrait que les compositeurs fassent l'écriture même de leurs œuvres dans le dispositif afin de développer une réelle maîtrise du médium. Nous sommes encore loin de là étant donné la rareté des salles de concert sphériques. Pourtant, cette impossibilité a des conséquences sur la qualité des œuvres et aussi un impact inestimable sur l'avancement de l'art.

« Moi, j'ai toujours dit que la première étape va être le studio personnel. Quand les gens pourront faire de la musique chez eux on va déjà arriver à une musique d'une beaucoup plus grande sensibilité que quand tu es pogné à aller dans un studio 14h par semaine [...] À un moment donné tu arrêtes de développer tes gestes ou ta pensée parce que tu sais que ton temps de studio est fini pour la semaine, donc tu t'arrêtes. »

Tant que les compositeurs n'auront pas accès à un environnement de composition leur permettant d'appriivoiser le médium de musique spatiale, l'art lui-même continuera de progresser lentement par le travail d'une petite communauté de compositeurs ayant accès à des dispositifs. C'est à travers la démocratisation des outils de composition que les compositeurs pourront alimenter l'écosystème de musique spatiale et ainsi accélérer l'évolution des pratiques.

5.6 Frustrations diverses

« [...] il y a des outils autonomes qui existent mais qui ne sont pas intégrés dans le processus de composition. Ce sont des outils où tu as des fichiers déjà réalisés, déjà composés que tu mets dans le spatialisateur et tu fais donc une étape supplémentaire qui est donc une étape de spatialisation à la fin du processus. »

« Mais de mon point de vue de compositeur, la spatialisation fait partie de l'écriture. Ce n'est pas un effet qui est ajouté à la fin du processus. Pour moi, ce n'est pas un gadget, ce n'est pas un effet, la spatialisation. On prend pas un son déjà existant et on le met dans l'espace, on fabrique des sons spécialement pour l'espace et on n'écrit pas pour l'espace de la même manière que l'on écrit pour la stéréophonie - et c'est encore plus vrai quand on a un dôme. »

« Ça va arriver souvent que j'aie 55 minutes d'audio à faire en 12h, 16h... pis pour moi l'idéal serait 5 minutes pour 8h de travail. Généralement on va avoir 60 minutes de création pour 16h de travail en salle. Donc c'est énorme, en fait, pour très peu de temps. »

« [...] si on mix en 39 channels ou et 5.1. Mixer en 39 channels c'est beaucoup plus long. Si je mix en 5.2, l'avantage c'est que je peux mixer ailleurs et finaliser ici ; ça travaille beaucoup plus vite. »

« À ce moment là, comme je disais un peu plus tôt quand je te disais que ça m'a pris énormément de temps, c'est qu'il faut y aller piste par piste. »

« Avec Octogris, mis à part le fait que c'était long - c'était pas une question d'interface, c'était juste une question de logistique. »

« Je pourrais peut-être faire deux pistes à la fois... ouais je pourrais faire deux pistes à la fois parce que j'ai deux mains mais c'est... bon c'est ça, c'est fastidieux. »

« [...] c'est tellement complexe parce qu'une pièce de musique peut avoir, mettons 24 pistes, 24 flux d'informations qui roulent en même temps, donc déjà là il y a un problème d'interface parce que - comment je fais pour contrôler tous ces flux là de façon indépendante? »

Peu de compositeurs peuvent dire clairement avec assurance ce dont ils ont besoin dans un outil de spatialisation. Cependant ces entrevues ont permis de jeter un regard attentif sur leur processus créateur et ont mis en lumière des opportunités pour le développement de critères de conception d'une nouvelle interface.

Chapitre 6 : Critères de conception

À la lumière des résultats de recherche, l'outil de spatialisation à concevoir devra satisfaire les critères suivants afin de répondre aux besoins observés lors des entretiens. Il faut donc concevoir un outil de spatialisation qui :

- Utilise une approche géométrique et les moteurs de physique comme schéma d'interaction pour la spatialisation.
- Est sans entrave au processus de composition déjà en place en s'intégrant aux logiciels de composition existants.
- Intègre une librairie de patrons de spatialisation pour accélérer le travail de spatialisation en facilitant la réalisation de mouvements spatiaux courants en musique spatiale.
- Encourage l'émergence de forme spatiale par des processus de prise de décision automatisés ou des algorithmes de spatialisation complexes.
- Permet de travailler chez-soi (ou dans son propre studio) pour accélérer et enrichir le processus de création et approfondir la maîtrise de l'instrument de spatialisation.

Une des difficultés de la spatialisation est le temps qu'elle nécessite. Dans le cas de logiciels paramétriques, c'est en partie le fait que le compositeur doive définir la trajectoire de chaque piste de son début à sa fin qui prend du temps. Pour réellement avoir un impact sur la rapidité de production, il faut accélérer l'exécution de spatialisation elle-même

- Accélérer l'attribution de trajectoires et faciliter la spatialisation simultanée de plusieurs objets sonores.

Bien entendu, les salles de spectacles immersives telles que la Satosphère ne sont pas à disposition de tous les compositeurs qui souhaiteraient y écrire leur musique. L'outil de spatialisation devrait donc donner un aperçu, une simulation du résultat.

- Un système rendu audio 3D (i.e. binaural) pour permettre aux compositeurs d'avoir une simulation réaliste du résultat de leur œuvre spatialisée en n'utilisant qu'un casque d'écoute.

Du même fait, cela pourrait attirer davantage d'utilisateurs en considérant qu'un des enjeux majeurs à l'heure actuelle est que les compositeurs ne possèdent pas de dispositif multicanal pour entendre (et composer) des œuvres spatiales dans leur studio personnel. Il serait même envisageable d'utiliser des capteurs de mouvements rattachés au casque d'écoute afin que le rendu audio 3D soit orienté selon l'orientation du compositeur.

Il faudra également mettre à disposition des réglages préconfigurés de différentes salles de concert pour faciliter la composition pour diverses salles et automatiser la conversion d'œuvre d'un dispositif à un autre. Ceci avec l'espoir d'encourager le voyageant d'œuvres de musique spatiale et faciliter la composition à distance.

Un nombre grandissant de salles de concert immersives permanentes existe de par le monde. En assurant la compatibilité des œuvres entre ces dispositifs, la diffusion de ces pièces serait plus facilement envisageable pour les compositeurs.

Chapitre 7 : La spectromorphologie et la spatialisation additive

En plus de fournir des pistes de solution pour le design d'un nouveau spatialisateur, les entretiens nous ont mis sur la piste des patrons (ou archétypes) de spatialisation et les travaux de Denis Smalley sur la Spectromorphologie. Ce chapitre présente sommairement la spectromorphologie ainsi que le concept original de *spatialisation additive* qui est fondamental au concept de spatialisateur proposé à l'issue de cette recherche.

7.1 La spectromorphologie de Denis Smalley

“A spectromorphological approach sets out spectral and morphological models and processes, and provides a framework for understanding structural relations and behaviours as experienced in the temporal flux of the music.”
(Smalley, 1997)

L'approche spectromorphologique met en place un modèle d'interprétation des variations spectrales et morphologiques en musique spatiale. Dans son article *Spectromorphology : Explaining Sound Shapes* (Smalley, 1997), il expose un répertoire de morphologies sonores (spatiomorphologies), c'est à dire des types de changements typiques que peuvent subir les sons à travers le temps et l'espace. Il explique en détail sa catégorisation des morphologies sonores en grandes familles de mouvement et dresse une liste exhaustive des comportements possibles du son. Bien que son vocabulaire spectromorphologique serve avant tout d'outil d'interprétation à l'écoute, il a aussi été employé avec succès comme vocabulaire de composition (Blackburn, 2009). C'est un cas typique de la poule ou l'œuf puisque Smalley lui même affirme que les compositeurs utilisent inéluctablement la pensée spectromorphologique dans leurs compositions.

« *Whether or not (acousmatic) composers realise it, spectromorphology is in some way relevant to, and contained in their music.* » (Smalley, 2010)

La spectromorphologie s'est avérée un vocabulaire complexe et extrêmement détaillé pour analyser la spatialisation sonore. C'est une théorie qui apparaît comme une suite aux morphologies de Pierre Schaeffer (Harrison, 1998; Schaeffer, 1966). C'est un travail colossal qui ne sera pas approfondi davantage dans ce mémoire. Outre le questionnement sur son usage poïétique ou analytique, la spectromorphologie soutient notre hypothèse de départ : qu'il existe une perception universelle de la composition de musique spatiale. Ce langage perceptuel a été le point de départ pour le développement du concept de spatialisation additive qui sera présenté ici.

7.2 La spatialisation additive

7.2.1 Définition

La *spatialisation additive* est une nouvelle méthode proposée pour la spatialisation sonore en musique électroacoustique. La mise en espace des objets sonores se fait par la combinaison de trajectoires spatiales archétypales permettant la composition de comportements spatiaux complexes. Elle permet au compositeur de construire un scénario (comportement) pour un objet sonore en additionnant des caractéristiques de mouvement de base (i.e. linéaire, circulaire, oscillant, etc.). Chaque caractéristique de mouvement qui est ajoutée à un objet sonore modifie sa trajectoire dans l'espace (spatiomorphologie).

En s'appropriant une partie de la sémantique spectromorphologique, cette méthode permet au compositeur d'imaginer un scénario spatial pour son œuvre et d'utiliser un langage

narratif dans le spatialisateur. De cette manière, le spatialisateur utilise un vocabulaire qui nous est familier et ancré dans des expériences empiriques communes. Il semble donc approprié d'implémenter un tel langage dans un logiciel de spatialisation.

Lors des entretiens, plusieurs compositeurs ont exprimé l'intérêt pour l'intégration des patrons de spatialisation, des trajectoires préenregistrées, dans leurs outils de composition. Celles-ci accéléreraient le travail en évitant de continuellement recréer des trajectoires « typiques » telles que des orbites. Les travaux de Smalley nous révèlent aussi que ces patrons de spatialisation, en plus d'avoir le potentiel d'accélérer la composition, sont les fondements des stratégies de composition (modèles mentaux).

Au meilleur des connaissances de l'auteur, aucun logiciel de spatialisation n'utilise ces spatiomorphologies comme paramètres de spatialisation. Pourtant cette vision compartimentée et hiérarchisée des structures sonores semble prédisposée à une traduction en opérations informatiques. En outre, il semble qu'une approche de *spatialisation additive*, telle que proposée ici, corresponde parfaitement à la mécanique du processus créateur et s'intégrera aisément dans le travail de composition. Nous souhaitons explorer les possibilités offertes par une approche basée spécifiquement sur l'interpolation d'archétypes spatiomorphologiques. Nous envisageons que la méthode ouvrira de nouvelles portes aux compositeurs en les encourageant à explorer avec une plus grande aisance des comportements spatiaux atypiques et complexes.

7.3 Le concept Centor

Centor est un concept de spatialisateur sonore pour station de travail audio numérique qui utilise des principes de spectromorphologie pour la composition rapide de trajectoires spatiales sonores complexes.

7.3.1 Pertinence et application

Les entrevues ont révélé que les compositeurs partagent plusieurs référents quand il s'agit de la spatialisation de leurs œuvres. Cette observation est d'autant plus mise en évidence à travers les travaux de Smalley. En effet, lorsque que les compositeurs décrivent les *morphologies* de leurs sons, ils n'en parlent généralement pas du point de vue des déplacements dans un espace géométrique mais plutôt d'une manière narrative qui décrit le scénario et le ressenti du mouvement sonore, une perspective expérientielle. Cela signifie qu'ils comparent systématiquement la spatialisation à une référence (ou scénario) sonore réelle, tel que nous l'avons vu dans les entretiens (déplacement comme une vague, comme un défilé, etc.). Tandis qu'une grande majorité des outils de spatialisation sont paramétriques ou « architectoniques » (Harrison, 1998),

“Architectonic structure is built on the quantifiable distances between musical events (in all parameters), whereas organic structure explores the qualitative evolution, the spectro-morphology of the events themselves.” (Harrison, 1998)

Centor propose une approche plus organique qui est intuitive et semble correspondre davantage au langage expérientiel des compositeurs électroacoustiques. De cette manière le spatialisateur rend possible la définition d'un profil spectromorphologique sans que le

compositeur ait à traduire sa vision musicale en langage paramétrique ou en une géométrie euclidienne.

7.4 Implémentation proposée

Une trajectoire de spatialisation s'exécute sur la durée totale de la piste. Ainsi une séquence audio de 15 secondes complètera sa trajectoire en 15 secondes. Les morphologies spatiales dans *Centor* sont catégorisées en trois *classes* de comportements qui contiennent pour l'instant trois éléments archétypaux chacune. Pour mieux expliquer le fonctionnement, nous allons décrire étape par étape le processus de spatialisation d'un objet sonore.

7.4.1 Trois classes de morphologies spatiales

Classe 1 : Trajectoire principale

La première étape est d'établir la trajectoire générale de l'objet sonore. D'autres comportements pourront lui être attribués au fil de la spatialisation. La Classe 1 inclut les types de trajectoires suivants :

- Linéaire
- Circulaire
- Spirale

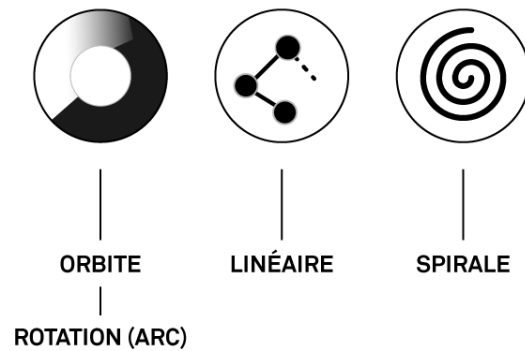


Figure 8 : Classe 1 de morphologies

Dans cet exemple, le compositeur choisit un mouvement d'orbite. L'objet sonore semblera donc tourner autour de l'auditeur (figure 4).



Figure 9 : Exemple de spatialisation classe 1 : orbite

Classe 2 : Mouvement interne

Le mouvement interne décrit le comportement interne du son qui s'ajoute au mouvement principal de la classe 1. La classe 2 inclut les trajectoires suivantes :

- Oscillation
- Convolution
- Turbulence

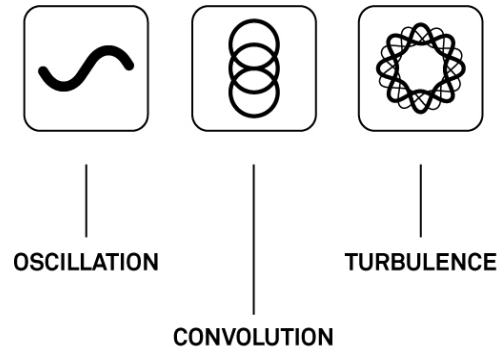


Figure 10 : Classe 2 de morphologies

Ainsi un déplacement circulaire (classe 1) qui est complétement d'un mouvement interne d'oscillation (classe 2) se déplace en orbite autour du public en motif de « vague » (figure 6).

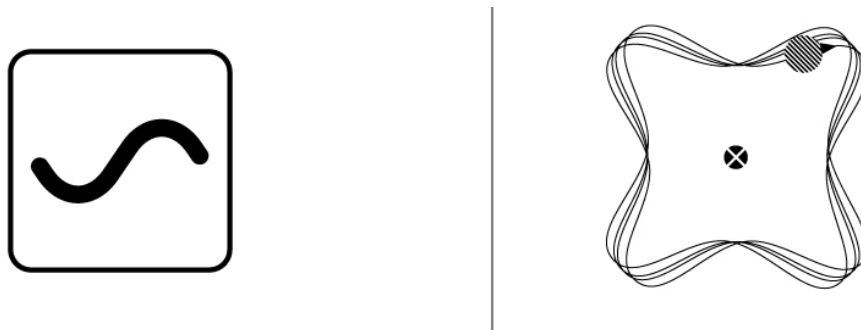


Figure 11 : Exemple de spatialisation après l'attribution des classes 1 et 2

Classe 3 : Propriétés physiques

Le principe de cette catégorie est tiré directement des engins physiques et des engins de jeux vidéo comme on peut trouver dans certains logiciels de modélisation et de programmation visuelle comme *Processing* (Fry, Reas, & Shiffman, 2014). C'est via cette fonction que l'on fait le lien entre la conceptualisation spatiale « organique » des compositeurs

et la spatialisation virtuelle. La classe 3 attribue des caractéristiques physiques à un objet sonores et décrit l'impact qu'a sa présence sur les déplacements d'autres objets. Nous souhaitons ainsi ouvrir la porte aux émergences musicales qui s'inspirent du monde physique en encourageant les compositeurs à explorer les influences mutuelles que peuvent avoir les sons lorsqu'ils interagissent dans un environnement virtuel. Ces interactions sont :

- Magnétisme (appelé *Flocking* chez Smalley)
- Répulsion
- Turbulence

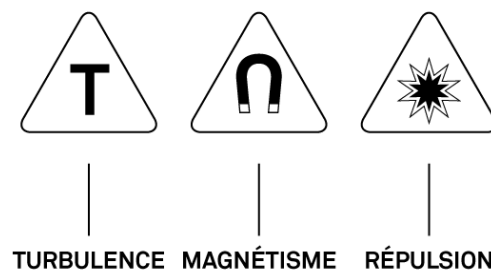


Figure 12 : Classe 3 de morphologies

Ainsi un effet de répulsion causera tout autre objet sonore à le contourner (figure 8) créant des motifs de spatialisation plus organiques et imprévisibles. En somme les comportements de la classe 3 déterminent l'interaction entre les objets sonores lorsque deux (ou plus) d'entre eux se croisent dans l'espace sonore virtuel.

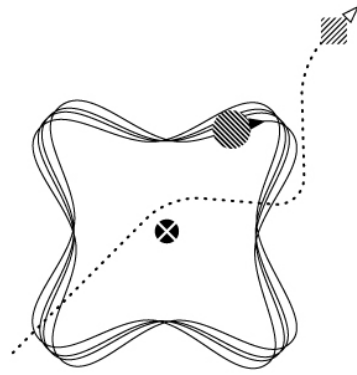
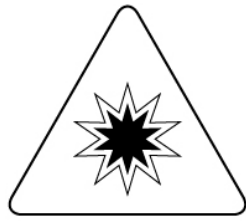


Figure 13 : Visualisation de la spatialisation avec l'attribution d'un effet de répulsion

Les patrons de ces classes sont appliqués consécutivement et en ordre (1, puis 2, puis 3). Afin de préserver la simplicité de l'interaction, un patron de spatialisation ne devrait avoir que quelques paramètres variables (ex : une trajectoire d'orbite peut varier en nombre d'orbites, en rayon – distance perçue, et en altitude – hauteur perçue).

Chaque patron ajouté apporte des modifications à la trajectoire en cours définie par les classes précédentes (voir figure 9). Le profil spatial résultant (figure 10) informe le compositeur d'un coup d'œil du comportement spatial d'une piste.

Nous pouvons voir une proposition d'application en contexte à l'annexe 1.

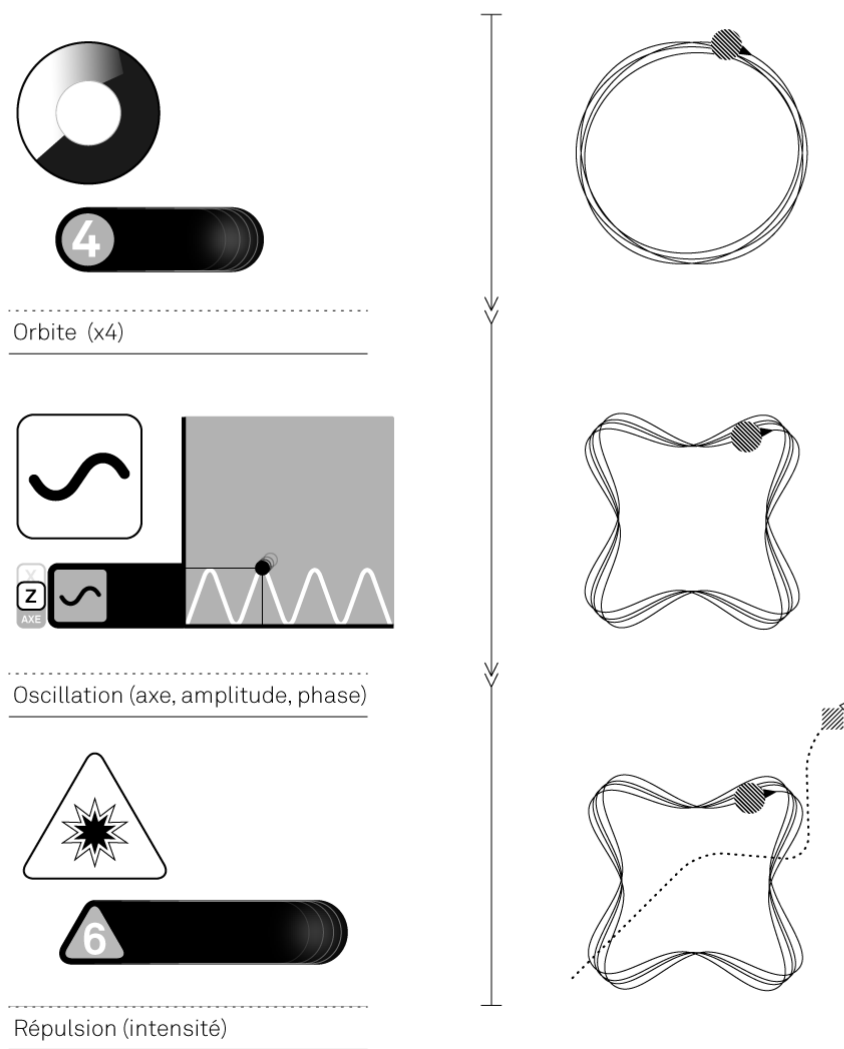


Figure 14 : Récapitulatif de l'évolution d'un comportement spatial



Figure 15 : Profil spatial résultant, en un coup d'œil

Chapitre 8 : Recommandations de design

8.1 Objectif général

L'objectif de cette interface est d'explorer une nouvelle méthode de spatialisation sonore qui utilise la combinaison de trajectoires archétypales pour construire des trajectoires sonores.

8.2 Public cible

Centor s'adresse avant tout aux compositeurs électroacoustiques. Bien que certains compositeurs de musiques de film et concepteurs sonores y trouveraient leur compte, les données de recherche sont issues principalement d'entrevues avec des compositeurs électroacoustiques qui composent des musiques dites « sérieuses », *Centor* leur est donc destiné. Nous souhaitons toutefois créer un outil facile d'approche qui est accessible à un grand public, tant des musiciens experts que des novices.

8.3 Portée du projet

Dans un premier temps, il faudra procéder à une validation de la hiérarchie des comportements spatiaux présentés plus haut. Ceci permettra de confirmer la justesse de la subdivision et l'efficacité du principe d'additivité de comportements.

Dans un deuxième temps l'interface graphique de *Centor* devra faire l'objet de recherches futures, notamment sur son ergonomie. Il semble y avoir un grand intérêt pour que ce spatialisateur soit disponible sur plateforme mobile. Ainsi, une interface spécialement conçue pour tablette tactile devra être conçue afin de rendre le spatialisateur disponible hors

studio. Les spatiomorphologies disponibles et leurs paramètres de contrôle pourront également être perfectionnés au fil des itérations.

8.4 Ressources

Une combinaison de logiciels de musique comme *Max/MSP* et *AbletonLive* (via *Max for Live*) est très adaptée au prototypage d'interface audio numériques. *AbletonLive* et *Max for Live* sont des outils puissants et versatiles très utilisés dans l'industrie, à la SAT et parmi les artistes et compositeurs. Ce duo de logiciels est un parfait point de départ pour prototyper une nouvelle interface et explorer un nouveau mode d'interaction pour la spatialisation musicale. *Max for Live* offre la possibilité de bâtir des interfaces de contrôle complètement sur mesure permettant d'explorer différentes interfaces graphiques.

8.5 Recommandations sur l'interface graphique

Une des qualités recherchées depuis le début de ce projet est que l'outil proposé n'interfère pas avec le processus de composition déjà établi. Dans le respect de cet objectif, *Centor* devra avoir une interface graphique simple, et épurée. Le spatialisateur prendra la forme d'un plugiciel pouvant être utilisé à même le logiciel de composition (ou parallèlement si l'artiste utilise un dispositif périphérique). Il devrait être opérable via un périphérique tel qu'une tablette mobile afin de libérer de l'espace d'écran qui est réservé au séquenceur. De plus, beaucoup de compositeurs utilisent ou possèdent déjà de tels appareils mobiles.

La majorité des spatialisateurs actuels requiert qu'une instance du plugiciel soit employée pour chaque piste (ou groupe de pistes) à spatialiser. Cela cause un va-et-vient entre les différents éléments spatialisés et la fenêtre de composition du séquenceur. Il serait donc avantageux de pouvoir spatialiser l'ensemble de l'œuvre dans une seule instance du plugiciel pour permettre davantage de fluidité dans l'utilisation.

Pour aider la fluidité d'usage, l'interface graphique doit limiter la représentation de valeurs numériques autant que possible. Chaque comportement s'en tiendra à quelques paramètres modifiables pour éviter des listes interminables d'options qui risquent de ralentir le travail.

8.6 Mises en garde

"[the very basis of musique concrète] is an empirical, pragmatic procedure, building on the organic characteristics of the materials being used, in a manner appropriate to their musical unfolding in time. The arbiter of this process is the ear – the composer engages in a 'feedback loop' with the material and the contexts in which it is placed at every stage, making adjustments until the material is 'right' – and it tends towards what I think of as 'organic structure'. If something 'works' or 'sounds right' it needs no further justification in that musical context, as the compositional speculation has been proved experimentally (experientially, perceptually)." (Harrison, 1998)

Avant tout, la mise en espace du son est un art des sons qui ne peut être évalué réellement qu'à travers l'écoute. Pour cette raison, l'interface devrait s'efforcer de mettre (ou laisser) le compositeur en situation d'écoute à travers l'utilisation. À cette fin il faut minimiser les représentations visuelles et les animations représentant la spatialisation. Une interface graphique sera nécessaire, bien entendu, mais les représentations devraient le plus possible être abstraites afin de ne pas conditionner l'écoute.

L'outil ne doit à aucun moment encourager le compositeur à quitter son séquenceur (son logiciel de composition). La spatialisation fait partie intégrante du geste musical; l'écriture, la composition et la spatialisation doivent cohabiter dans le processus créateur.

C'est pour cette raison nous proposons que Centor prenne la forme d'un plugiciel qui pourra s'annexer à n'importe quel logiciel audio numérique sans forcer le compositeur à quitter son contexte habituel de création.

Conclusion finale

Pour conclure ce mémoire, ce chapitre traitera de la portée de ce projet pour les pratiques de spatialisation musicale et présentera des avenues pour des travaux futurs.

9.1 Récapitulatif

La première section de ce mémoire a présenté les fondements historiques de la musique spatiale. Nous avons ensuite fait une revue sommaire des interfaces de spatialisation disponibles actuellement. Cette introduction succincte à la musique spatiale et la spatialisation sonore offre une base historique permettant de connaître les origines technologiques et les différentes approches à la spatialisation. La revue historique a principalement servi à justifier mon questionnement sur les interfaces de spatialisation et mettre en contexte ma proposition. Cette première portion du travail témoigne de la nature exploratoire du projet de recherche qui est enraciné autant dans la recherche en design industriel qu'en musique. Centor est un concept d'interface de spatialisation musicale issu d'un processus traditionnel de design industriel centré sur l'utilisateur, et bien qu'il s'agisse résolument d'une recherche en design, sa portée prend réellement sens dans l'attention portée aux enjeux musicaux.

La deuxième partie a présenté la méthodologie de recherche et les résultats des entretiens avec les compositeurs qui ont fourni les principaux critères de conception. Ce n'est que suite à cette série d'entrevues que la spectromorphologie est entrée en jeu. La théorie musicale de la morphologie du son et de l'espace sonore est centrale au fonctionnement de Centor. Une intuition initiale a fourni l'hypothèse d'un langage universel de composition spatial. La découverte de la spectromorphologie a cependant été la pierre angulaire du projet. C'est en restant à l'écoute des recherches en musique que ces connaissances se sont enracinées dans Centor et ont ancré le processus de recherche en design dans la théorie musicale. La

spectromorphologie s'est avérée plutôt prédisposée à une transposition en opérations informatiques. Les travaux de Denis Smalley sont à la fois très impressionnants de par leur magnitude et prometteur de par leur richesse et leur complexité. J'anticipe avec impatience de prochaines interfaces de spatialisation qui s'en inspireront.

La troisième partie de ce mémoire a présenté les recommandations de design pour l'implémentation des résultats de recherche et l'application de certains principes de spectromorphologie. Ce geste de design exprime notre volonté de créer un outil de spatialisation qui répond aux besoins actuels de musique spatiale tout en mettant en place des conditions propices au développement de nouvelles pratiques en proposant une nouvelle approche et en encourageant l'exploration sonore spatiale.

9.2 Travaux futurs

Le plus grand défi auquel cette recherche a fait face est la transposition des intérêts artistiques des créateurs en critères de conception. Leurs intentions artistiques ne sont pas toujours directement transposables en caractéristiques de fonctionnement. D'autre part, les compositeurs veulent un outil d'expression pour leur vision artistique mais ils exigent également qu'il soit hautement fonctionnel, puissant, efficace, apporte du nouveau mais qu'il n'interfère pas avec leur processus de composition déjà en place.

Ce travail de recherche a été mené en sachant que certains aspects de l'acte de création ne peuvent ni être expliqués par l'artiste, ni observés directement par le chercheur. Il suggère que le « design centré sur le processus », une variation du design centré sur l'utilisateur, est une approche qui en révèle davantage sur les besoins des utilisateurs lorsqu'on conçoit des outils de création artistique. De s'intéresser aux modèles mentaux qui sont fondamentaux au processus de création musicale nous donne des indices sur les intentions et les désirs des créateurs et met en lumière des opportunités de design enfouies dans le geste artistique. La

musique spatiale est une forme d'expression dans lesdits « nouveaux médias » qui nécessite de nouveaux outils de création mais dont les besoins réels (actuels et futurs) et l'étendue des utilisations sont encore inconnus. De s'attarder à mieux comprendre la mécanique du processus créateur fournit des voies tantôt floues tantôt profondément révélatrices des besoins, des ambitions artistiques et des réflexions internes des utilisateurs. Si l'on ne comprend pas le fond de la pensée créatrice, comment peut-on proposer une intervention tout à fait nouvelle qui est à la fois innovante, familière, pertinente et durable ? J'ai l'intention de poursuivre l'exploration de ce domaine et de diffuser les résultats de mes recherches par des articles et conférences.

J'espère que cette recherche encouragera l'approfondissement des applications de la spectromorphologie dans les interfaces de spatialisation et qu'elle encouragera la communauté de designers et de chercheurs à s'intéresser à la création d'interfaces musicales. Les designers et inventeurs d'outils de création numérique de tous types font face à un grand défi: concevoir de nouveaux outils de création qui embrassent les technologies numériques en offrant des sémantiques d'interaction totalement nouvelles pour répondre aux besoins de formes d'expressions qui sont aujourd'hui peu ou pas connues afin de permettre la création d'œuvres aux formes encore inimaginables.

Références Bibliographiques

- Bailey, C. A. (2007). *A guide to qualitative field research*: Pine Forge Press.
- Blackburn, M. (2009). Composing from spectromorphological vocabulary: proposed application, pedagogy and metadata. *Electroacoustic Music Studies*.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*: Sage.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*: Sage publications.
- Emmerson, S. (2007). *Living electronic music*: Ashgate Publishing, Ltd.
- Fry, B., Reas, C., & Shiffman, D. (2014). Processing 2. 2013, from <http://processing.org/>
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2009). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*: Transaction Publishers.
- Harley, M. A. (1994). *Space and spatialization in contemporary music: History and analysis, ideas and implementations*. McGill University.
- Harrison, J. (1998). Sound, space, sculpture: some thoughts on the ‘what’, ‘how’ and ‘why’ of sound diffusion. *Organised Sound*, 3(02), 117-127.
- Ishii, H., & Ullmer, B. (1997). *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*. Paper presented at the Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems.
- Johnson, B. D. (2013). Diffusion Evolved: New Musical Interfaces Applied to Diffusion Performance.
- Kaltenbrunner, M., Jorda, S., Geiger, G., & Alonso, M. (2006). *The reactable*: A collaborative musical instrument*. Paper presented at the Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2006. WETICE'06. 15th IEEE International Workshops on.
- Létourneau, J. (2006). *Le coffre à outils du chercheur débutant* (Boréal ed.). Montréal: Boréal.
- Mercier-Nguyen, S. (Producer). (2012, 14 February, 2013). Centor: l'instrument de musique spatiale @ SAT 20.04.2012. [Video] Retrieved from <http://vimeo.com/51040460>
- Mooney, J., Belly, P., & Adam, P. (2008, March, 2008). *Sound Spatialisation, Free Improvisation and Ambiguity*. Paper presented at the Sound and Music Computing Conference Berlin, Germany.
- Mooney, J., & Moore, D. (2007). A Concept-Based Model for the Live Diffusion of Sound via Multiple Loudspeakers. *Proceedings of Digital Music Research Network*, 7.
- Mooney, J., & Moore, D. (2008). *Resound: open-source live sound spatialisation*,”. Paper presented at the Proceedings of the International Computer Music Conference, Belfast, UK.
- Mooney, J. R. (2006). *Sound diffusion systems for the live performance of electroacoustic music*. University of Sheffield, Department of Music.
- Moore, A., Moore, D., & Mooney, J. (2004). *M2 Diffusion—The live diffusion of sound in space*. Paper presented at the Proc. ICMC.
- Myatt, T. (1998). Sound in space. *Organised Sound*, 3(2), 91-92.

- Otondo, F. (2007). Creating Sonic Spaces: An Interview with Natasha Barrett. *Computer Music Journal*, 31(2), 10-19.
- Penha, R., & Oliveira, J. P. (2013). SPATIUM, TOOLS FOR SOUND SPATIALIZATION.
- Peters, N., Marentakis, G., & McAdams, S. (2011). Current technologies and compositional practices for spatialization: A qualitative and quantitative analysis. *Computer Music Journal*, 35(1), 10-27.
- Schaeffer, P. (1952). *A la recherche d'une musique concrète*: Editions du Seuil Paris.
- Schaeffer, P. (1966). *Traité des objets musicaux*.
- Smalley, D. (1997). Spectromorphology: explaining sound-shapes. *Organised Sound*, 2(2), 107-126.
- Smalley, D. (2010). Spectromorphology in 2010. *Polychrome Portraits*(15), 89-101.
- Varèse, E., & Hirbour, L. (1983). *Ecrits*: Christian Bourgois.
- Varèse, E., & Wen-Chung, C. (1966). The Liberation of Sound. *Perspectives of new music*, 11-19.
- Wozniowski, M., Settel, Z., & Cooperstock, J. (2006). *A spatial interface for audio and music production*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx).
- Zvonar, R. (2005). A History of Spatial Music Historical Antecedents: From Renaissance antiphony to strings in the wings. Retrieved 12th February, 2014, from http://cec.sonus.ca/econtact/7_4/zvonar_spatialmusic.html

Bibliographie

- Bailey, Carol A. (2007). *A guide to qualitative field research*: Pine Forge Press.
- Berezan, David, Petersen, Klaus, Solis, Jorge, Takanishi, Atsuo, McMillen, Keith, & Ciglar, Miha. (2008). *IN FLUX– A NEW APPROACH TO SOUND DIFFUSION PERFORMANCE PRACTICE FOR FIXED MEDIA MUSIC*. Paper presented at the Proceedings of the International Computer Music Conference, Belfast, UK.
- Blackburn, Manuella. (2009). Composing from spectromorphological vocabulary: proposed application, pedagogy and metadata. *Electroacoustic Music Studies*.
- Blair-Early, Adream, & Zender, Mike. (2008). User interface design principles for interaction design. *Design Issues*, 24(3), 85-107.
- Boghossian, Paul. (2007). Explaining musical experience. *Philosophers on Music: Experience, Learning, and Work*, 117-129.
- Bokowiec, Mark A. (2011). *V'oct (ritual): An interactive vocal work for bodycoder system and 8 channel spatialization*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression.
- Braasch, Jonas, Peters, Nils, & Valente, Daniel L. (2008). A loudspeaker-based projection technique for spatial music applications using virtual microphone control. *Computer Music Journal*, 32(3), 55-71.
- Button, Graham, & Dourish, Paul. (1996). *Technomethodology: paradoxes and possibilities*. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Buxton, Bill. (2007). *Sketching User Experience: Getting the Design Right and the Right Design*: Elsevier Science & Tech.
- Carlson, Christopher, Marschner, Eli , & McCurry, Hunter. (2011, 30 May - 1 June). *The Sound Flinger: A Haptic Spatializer*. Paper presented at the New Interfaces for Musical Expression, Oslo, Norway.

- Chagas, Paulo C. (2008). Composition in circular sound space: *Migration* 12-channel electronic music (1995–97). *Organised Sound*, 13(3), 189-198. doi: 10.1017/S1355771808000289
- Chew, Elaine, Zimmermann, Roger, Sawchuk, Alexander A, Kyriakakis, C, Papadopoulos, C, François, ARJ, . . . Volk, A. (2004). *Musical interaction at a distance: Distributed immersive performance*. Paper presented at the Proceedings of the MusicNetwork Fourth Open Workshop on Integration of Music in Multimedia Applications.
- Corness, Greg. (2008). The Musical Experience through the Lens of Embodiment. *Leonardo Music Journal*, 18, 21--24.
- Crabtree, Andy. (2004). Taking technomethodology seriously: hybrid change in the ethnomethodology–design relationship. *European Journal of Information Systems*, 13(3), 195-209.
- Crabtree, Andy, & Campus, Jubilee. (2004). *Technomethodology*. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Conference on Social Science Methodology, August 17-20, Amsterdam.
- Creswell, John W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*: Sage.
- Creswell, John W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*: Sage publications.
- Dourish, Paul. (2001). *Where the Action Is: The Foundation of Embodied Interaction*: The MIT Press.
- Dourish, Paul, & Button, Graham. (1998). On" technomethodology": Foundational relationships between ethnomethodology and system design. *Human-Computer Interaction*, 13(4), 395-432.
- Edmonds, E., Bilda, Z., & Muller, L. (2009). Artist, evaluator and curator: three viewpoints on interactive art, evaluation and audience experience. *Digital Creativity*, 20(3), 141-151. doi: Pii 913288331
- Doi 10.1080/14626260903083579
- Emmerson, Simon. (2000). *Music, Electronic Media, and Culture*: Ashgate.
- Emmerson, Simon. (2007). *Living electronic music*: Ashgate Publishing, Ltd.

- Findeli, Alain, Brouillet, Denis, Martin, Sophie, Moineau, Christophe, & Tarrago, Richard. (2008). *Research through design and transdisciplinarity: A tentative contribution to the methodology of design research*. Paper presented at the Swiss design Network Symposium.
- Glaser, Barney G, & Strauss, Anselm L. (2009). *The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*: Transaction Publishers.
- Harley, Maria Anna. (1994). *Space and spatialization in contemporary music: History and analysis, ideas and implementations*. McGill University.
- Harrison, Jonty. (1998). Sound, space, sculpture: some thoughts on the ‘what’, ‘how’ and ‘why’ of sound diffusion. *Organised Sound*, 3(02), 117-127.
- Horodyski, Timothée. (1998). *Varèse: héritage et confluences (Les masses sonores-L'espace du son-La spacialisation)*: Atelier national de reproduction des thèses.
- Ishii, Hiroshi, & Ullmer, Brygg. (1997). *Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms*. Paper presented at the Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems.
- Ivan Poupyrev, Rodney Berry, Mark Billinghurst, Hirokazu Kato, Keiko Nakao,, & Lewis Baldwin, Jun Kurumisawa. ([?]). *Augmented Reality Interface for Electronic Music Performance*. 4.
- Johnson, Bridget Dougherty. (2013). *Diffusion Evolved: New Musical Interfaces Applied to Diffusion Performance*.
- Jorda, Sergi. (2001). *New musical interfaces and new music-making paradigms*. Paper presented at the New Interfaces for Musical Expression, Seattle, Washington.
- Jordà, Sergi. (2002). Improvising with computers: A personal survey (1989–2001). *Journal of New Music Research*, 31(1), 1-10.
- Kaltenbrunner, Martin (Producer). (2011, 2011, October 22). Martin Kaltenbrunner - Tangible Music. *TedxVienna*. Retrieved from <http://www.tedxvienna.at/blog/martin-kaltenbrunner-tangible-music/>
- Kaltenbrunner, Martin, Geiger, Günter, & Jordà, Sergi. (2004). *Dynamic patches for live musical performance*. Paper presented at the Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression.

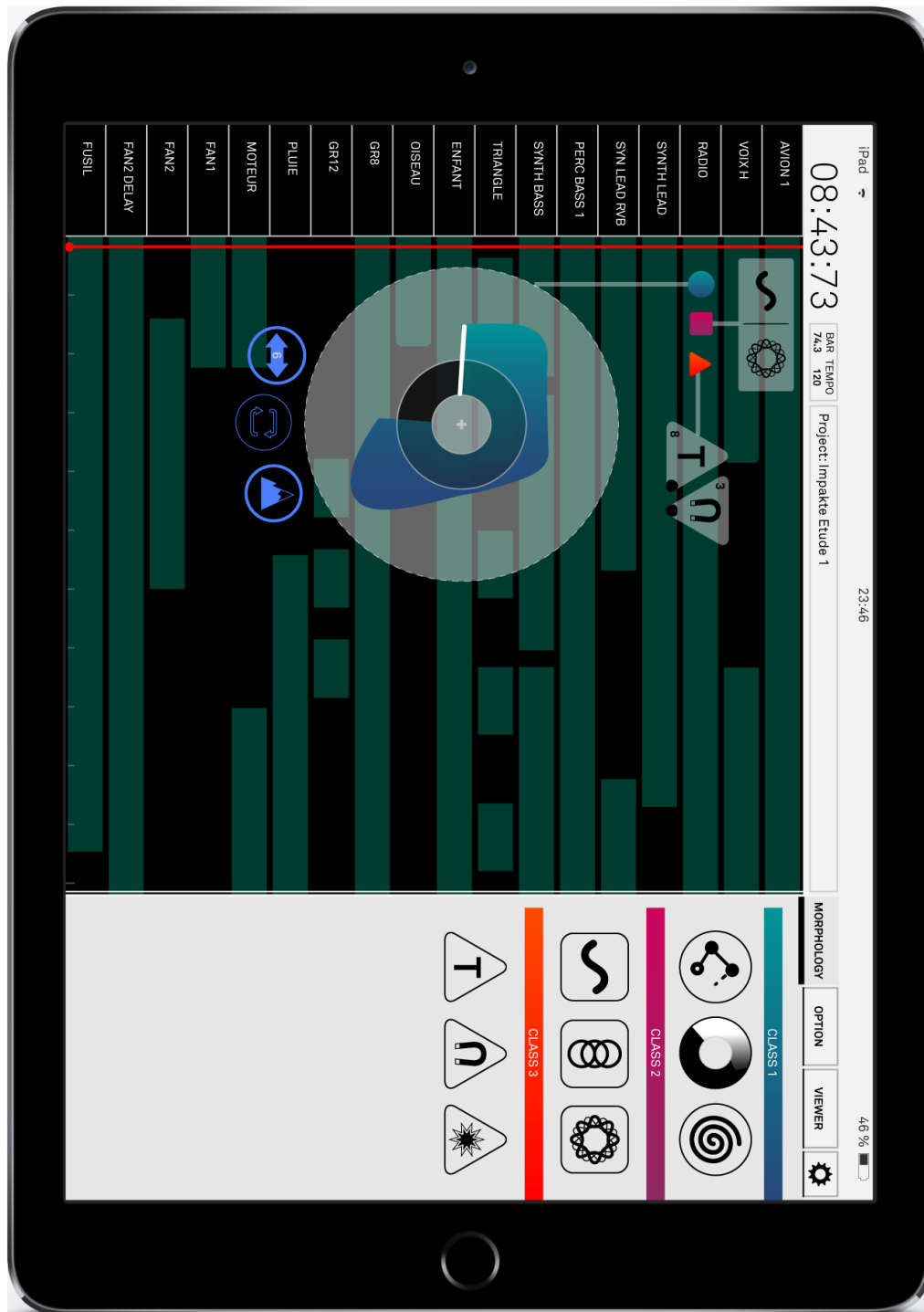
- Kaltenbrunner, Martin, Jorda, Sergi, Geiger, Gunter, & Alonso, Marcos. (2006). *The reactable*: A collaborative musical instrument*. Paper presented at the Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, 2006. WETICE'06. 15th IEEE International Workshops on.
- Kincheloe, Joe L. (2001). Describing the bricolage: Conceptualizing a new rigor in qualitative research. *Qualitative Inquiry*, 7(6), 679-692.
- LaViola, Joseph J., & Keefe, Daniel F. (2011). *3D Spatial Interaction: Applications for Art, Design and Science*. Paper presented at the SIGGRAPH 2011, Vancouver, BC, CANADA.
- Létourneau, Jocelyn. (2006). *Le coffre à outils du chercheur débutant* (Boréal ed.). Montréal: Boréal.
- Lew, Michael. (2004). *Live Cinema: designing an instrument for cinema editing as a live performance*. Paper presented at the Proceedings of the 2004 conference on New interfaces for musical expression.
- Malham, DG. (1998). Tutorial article: Approaches to spatialisation. *Organised sound*, 3(2), 167-177.
- Marshall, Mark T, Malloch, Joseph, & Wanderley, Marcelo M. (2009). Gesture control of sound spatialization for live musical performance *Gesture-Based Human-Computer Interaction and Simulation* (pp. 227-238): Springer.
- McGee, Ryan, & Wright, Matthew. (2010). Sound Element Spatializer.
- Mercier-Nguyen, Simon (Producer). (2012, 14 February, 2013). Centor: l'instrument de musique spatiale @ SAT 20.04.2012. [Video] Retrieved from <http://vimeo.com/51040460>
- Miranda, Eduardo R., & Wanderley, Marcelo M. (2006). *New Digital Musical Instruments: Control And Interaction Beyond the Keyboard* (E. R. Miranda Ed. Vol. 21): A-R Editions, Inc.
- Mooney, James. (2008, August 20, 2013). Dead Dialogues: Sound Spatialisation, Improvisation and Ambiguity. 2013, from <http://www.youtube.com/watch?v=fBMgXYh5LMM>

- Mooney, James, Belly, Paul, & Adam, Parkinson. (2008, March, 2008). *Sound Spatialisation, Free Improvisation and Ambiguity*. Paper presented at the Sound and Music Computing Conference Berlin, Germany.
- Mooney, James, & Moore, David. (2007). A Concept-Based Model for the Live Diffusion of Sound via Multiple Loudspeakers. *Proceedings of Digital Music Research Network*, 7.
- Mooney, James, & Moore, David. (2008). *Resound: open-source live sound spatialisation,*”. Paper presented at the Proceedings of the International Computer Music Conference, Belfast, UK.
- Mooney, James R. (2006). *Sound diffusion systems for the live performance of electroacoustic music*. University of Sheffield, Department of Music.
- Moore, Adrian, Moore, Dave, & Mooney, James. (2004). *M2 Diffusion—The live diffusion of sound in space*. Paper presented at the Proc. ICMC.
- Myatt, Tony. (1998). Sound in space. *Organised Sound*, 3(2), 91-92.
- Nelson, Harold G, & Stolterman, Erik. (2003). *The design way: Intentional change in an unpredictable world: Foundations and fundamentals of design competence*: Educational Technology.
- Newton, Dan, & Marshall, Mark T. (2011). *Examining How Musicians Create Augmented Musical Instruments*. Paper presented at the Proceedings of the Eleventh International Conference on New Interfaces for Musical Expression.
- Normandeau, Robert. (2012). Octogris - Institut Arts Cultures et Technologies: Recherche-création à l'Université de Montréal. Retrieved 19 March, 2013, from <http://www.iact.umontreal.ca/site/?p=2402&lang=en>
- Nusseck, Manfred, & Wanderley, Marcelo M. (2009). Music and motion-how music-related ancillary body movements contribute to the experience of music. *Music Perception*, 26(4), 335-353.
- Otondo, Felipe. (2007). *Recent spatialisation trends in electroacoustic music*. Paper presented at the Proceedings of the Electroacoustic Music Studies Conference.
- Otondo, Felipe. (2007). Creating Sonic Spaces: An Interview with Natasha Barrett. *Computer Music Journal*, 31(2), 10-19.

- Otondo, Felipe. (2008). Contemporary trends in the use of space in electroacoustic music. *Organised Sound*, 13(1), 77-81. doi: Doi 10.1017/S1355771808000095
- Paradiso, Joseph A, & O'Modhrain, Sile. (2003). Current Trends in Electronic Music Interfaces. Guest Editors' Introduction. *Journal of New Music Research*, 32(4), 345-349.
- Penha, Rui, & Oliveira, Joao Pedro. (2013). SPATIUM, TOOLS FOR SOUND SPATIALIZATION.
- Peters, Nils, Marentakis, Georgios, & McAdams, Stephen. (2011). Current technologies and compositional practices for spatialization: A qualitative and quantitative analysis. *Computer Music Journal*, 35(1), 10-27.
- Puckette, Miller (2013). Pure Data: A real-time graphical programming environment for audio, video, and graphical processing. Retrieved 2013, January 15, from <http://puredata.info/>
- Pulkki, Ville. (1998). Creating generic soundscapes in multichannel loudspeaker systems using vector base amplitude panning in Csound synthesis software. *Organised Sound*, 3, 129-134.
- Quessy, Alexandre , Kozloski, Andrew, Durand, Emmanuel, Bouchard, Louis, Seta, Michal, Wozniowski, Mike, . . . Settel, Zack. (2012, Septembre 12, 2012). SpatOSC: C++ library that controls various 3D audio spatializers. from <http://code.sat.qc.ca/redmine/projects/spatosc>
- Quessy, Alexandre, Kozloski, Andrew, Durand, Emmanuel, Bouchard, Louis, Seta, Michal, Wozniowski, Mike, . . . Settel, Zack. (2012, Octobre 16, 2012). Framework for spatial interaction in a networked system of virtual environments. from <http://code.sat.qc.ca/redmine/projects/spinframework>
- Reynolds, Matthew, Schoner, Bernd, Richards, Joey, Dobson, Kelly, & Gershenfeld, Neil. (2001). *An immersive, multi-user, musical stage environment*. Paper presented at the Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques.
- Richards, John. (2003). *Performance-controlled Sound Diffusion*. Paper presented at the Conference Music and Gesture, University of East Anglia.

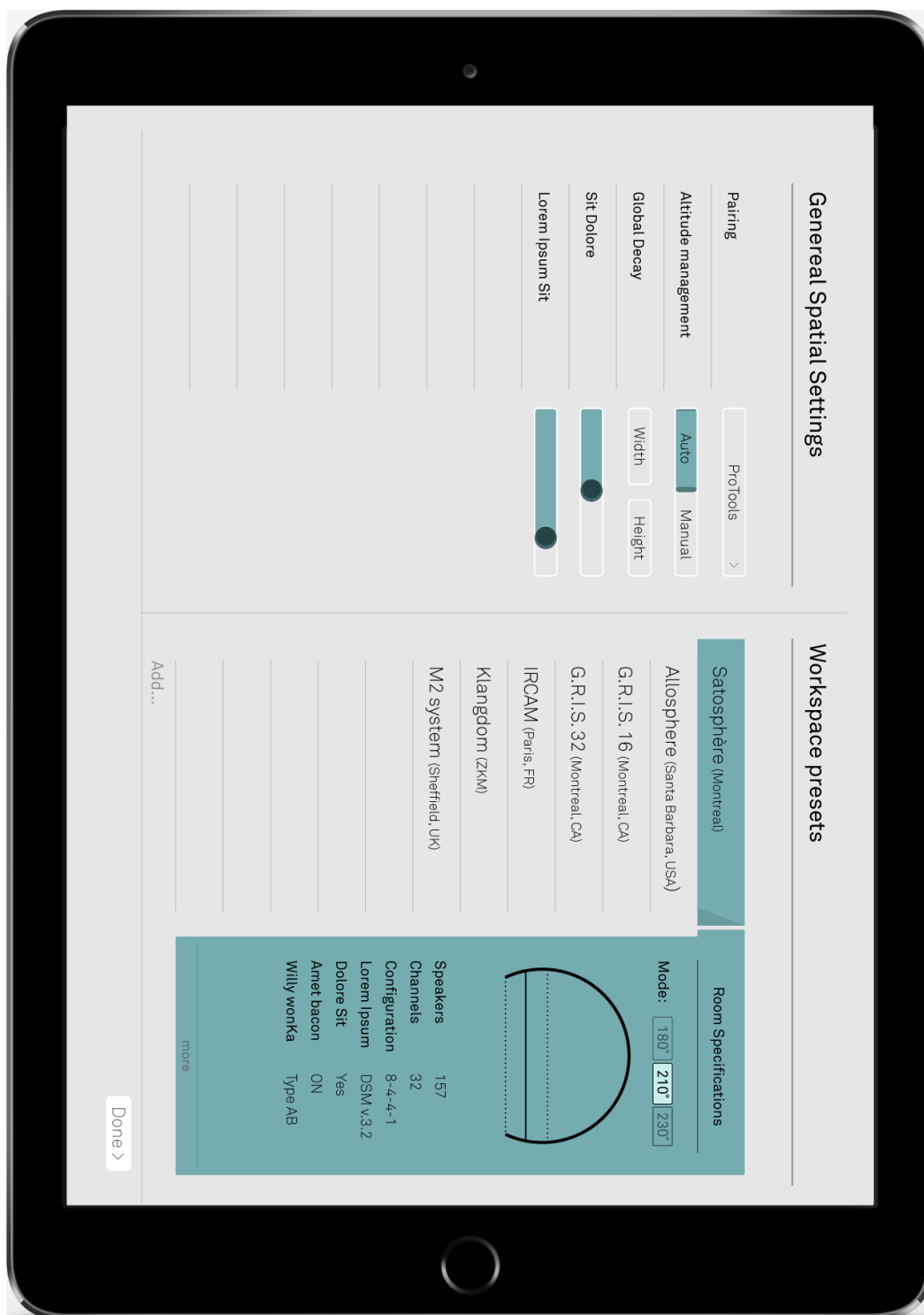
- Rink, John (2002). *Musical Performance : A Guide to Understanding* (Cambridge ed.).
- Rosenbaum, Eric. *MelodyMorph: A Reconfigurable Musical Instrument*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression}.
- Schaeffer, Pierre. (1952). *A la recherche d'une musique concrète*: Editions du Seuil Paris.
- Schön, Donal A. (1983). *The Reflective Practitioner: How professionals think in action* (Vol. 5126): Basic books.
- Smalley, Denis. (1997). Spectromorphology: explaining sound-shapes. *Organised sound*, 2(2), 107-126.
- Smalley, Denis. (2010). Spectromorphology in 2010. *Polychrome Portraits*(15), 89-101.
- Stefani, Ewan, & Mooney, James. (2009). *Spatial Composition in the Multichannel Domain: Aesthetics and Techniques*. Paper presented at the Proceedings of the 2009 International Computer Music Conference, Montreal, Canada.
- Tanaka, Atau. (2003). Composing as a Function of Infrastructure. In Ehrlich & LaBelle (Eds.), *Surface Tension: Problematics of Site*: Errant Bodies Press.
- Truax, Barry. (1998). Composition and diffusion: space in sound in space. *Organised Sound*, 3(2), 141-146.
- Varèse, Edgard, & Hirbour, Louise. (1983). *Ecrits*: Christian Bourgois.
- Varèse, Edgard, & Wen-Chung, Chou. (1966). The Liberation of Sound. *Perspectives of new music*, 11-19.
- Wozniowski, Mike, Settel, Zack, & Cooperstock, J. (2006). *A spatial interface for audio and music production*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Digital Audio Effects (DAFx).
- Wyse, Lonce, Mitani, Norikazu, & Nanayakkara, Suranga. (2011). *The effect of visualizing audio targets in a musical listening and performance task*. Paper presented at the Proc. NIME.
- Zvonar, R. (2005). A History of Spatial Music Historical Antecedents: From Renaissance antiphony to strings in the wings. Retrieved 12th February, 2014, from http://cec.sonus.ca/econtact/7_4/zvonar_spatialmusic.html

Annexe 1 : Maquette exploratoire pour tablette mobile 1



Exploration d'interface graphique pour le mise en espace d'objets sonores.

Annexe 2 : Maquette exploratoire pour tablette mobile 2



Exploration d'interface graphique pour la gestion des dispositifs de musique spatiale.

Centor : Concept d'interface de spatialisation sonore additive

© Simon Mercier-Nguyen, 2014