

LA CRÉATION EN TEMPS RÉEL DE POLYRYTHMIES SPATIALISÉES VIA L'OUTIL DE PERFORMANCE SPATIALE : LIVE 4 LIFE

Christophe Lengelé
CIRMMT - Université de Montréal
christophe.lengele@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cet article présente un outil de création sonore spatialisée, global, intégré et modulaire, qui permet de piloter, aussi bien les dimensions spatiales tout au long du processus de création, de la composition jusqu'à la performance, que les autres paramètres sonores, qui ont un impact déterminant sur la perception spatiale.

L'outil spatial, implémenté sur SuperCollider, propose une approche comprenant différentes échelles temporelles, où la spatialisation est déterminée à la fois au niveau local sur des événements individuels que globalement sur des flux sonores. Il a pour objectif de mettre en place une bibliothèque exhaustive de méta-modèles de spatialisation, déterminés préalablement, au sein de laquelle il est possible de sélectionner de manière dynamique, ergonomique et rapide parmi, non seulement des systèmes de rendu spatial, mais aussi des *techniques de spatialisation concrète et abstraite* pour un nombre variable de sources. Des œuvres variables du point de vue spatial et temporel peuvent ainsi être réalisées à partir de multiples séquences pré-composées, qui sont organisées et modifiées en temps réel.

Ce programme de performance spatiale met l'accent sur les polyrythmies spatiales et la construction et la déformation de boucles de paramètres, rythmiques ou spatiales et cherche à questionner le développement spatio-temporel entre les objets sonores ou leurs réflexions.

1. LE CONTEXTE ET LA RECHERCHE ACTUELS DANS LA COMPOSITION SPATIALE

1.1. La dimension spatiale et sa perception sonore

A la différence des autres paramètres sonores comme le rythme, la hauteur, l'intensité et même le timbre, qui sont autonomes dans une certaine mesure, les dimensions spatiales sont diffuses et intimement liées aux autres. La durée des sons, leur nature intrinsèque (les composantes fréquentielles et spectrales, la densité, dynamique et les caractéristiques d'évolution temporelle) ainsi que le genre d'association spatiale évoqué (*source-bonding* [1]) sont des facteurs majeurs à considérer pour spatialiser un objet sonore, car ils induisent une forme spatiale localisée, plus ou moins proche, ou englobante : alors que les composantes graves ont davantage tendance à créer un espace

diffus (vers le bas), les aiguës créent des points de localisation plus précis (vers le haut). [2, 3] Notre perception auditive peut en effet localiser plus facilement des fréquences élevées, dont la texture spectrale change rapidement avec de brèves transitoires que des matériaux sonores avec des fréquences graves et statiques. La mise en corrélation (ou décorrélation) entre les morphologies temporelles, fréquentielles et spatiales est un point décisif dans une composition spatiale. Cette interdépendance du spatial avec les autres dimensions ne signifie pas qu'il n'en est pas moins important. Au contraire, le lien de la spatialisation avec les autres paramètres lui confère un rôle primordial, tout particulièrement dans la musique électronique.

Cependant, le manque de contrôle direct, facilement manipulable combiné à une perception floue et symétrique de l'espace, qui opère davantage comme un mécanisme comparatif que d'analyse, font que la spatialisation n'est pas pris en considération au sens compositionnel dans sa totalité. En l'absence d'outils simples et flexibles pour expérimenter la perception spatiale ainsi que d'un vocabulaire détaillé (ayant pour chaque notion différents degrés de perception), standard, diffusé et partagé auprès de tous les auditeurs, les compositeurs travaillent sur des notions et registres spatiaux globaux et sur leurs contraires, parfois en exagérant les rapports afin de les rendre davantage perceptibles auprès de l'auditeur : l'avant et l'arrière, le bas et le haut, le lointain et le proche, la mobilité de l'espace (statique et mouvant), localisation précise et sensation d'enveloppement, l'intérieur et l'extérieur, la périphérie et le centre. En les associant, les possibilités de reliefs spatiaux se démultiplient.

Afin de mettre en avant l'aspect spatial, on peut utiliser des matériaux sonores simples ou bien ralentir les autres paramètres sonores, comme Stockhausen le souligne dans les commentaires finaux de la partition d'*Oktophonie* : "Les mouvements simultanés – en 8 pistes – de la musique électronique d'*Invasion – Explosion avec Adieu* – font la démonstration de l'émergence d'une nouvelle dimension musicale : la composition spatiale. Afin d'entendre de tels mouvements – surtout, simultanément – le rythme musical doit être ralenti de manière drastique ; les changements de hauteur doivent avoir lieu moins souvent et seulement par petits pas ou en glissandi, afin de pouvoir être suivis ; la composition des dynamiques doit servir à identifier et rendre audible les différentes couches – et dépendent donc

des timbres et de la vitesse de mouvement de ces couches ; La composition du timbre sert avant tout à clarifier ces mouvements." [4]

Néanmoins, la spatialisation rythmique, axée sur la dimension temporelle et des séquences de paramètres cycliques doit être davantage explorée et analysée en la combinant et l'alternant avec des textures et masses spatiales afin de révéler des polyrythmies plus complexes, qui seront plus faciles à localiser grâce à des transitoires d'attaque rapides. [5]

1.2. Les techniques de spatialisation

De la même façon que Pierre Schaeffer oppose le terme de *musique concrète*, qui implique un travail direct sur la matière sonore, à celui de *musique abstraite*, qui nécessite le concours d'une écriture sur partition (notation abstraite) et des interprètes pour donner à entendre l'oeuvre conçue par le compositeur, il est possible de distinguer deux grandes catégories au sein des techniques de spatialisation et de conception de l'espace sonore.¹

Alors que dans les méthodes de *spatialisation concrète*, on part du matériau sonore en agissant directement sur ses paramètres (temporels, amplitude, fréquence, phase), sans aucune définition préalable d'une trajectoire précise, ce qui aboutit généralement à créer des formes spatiales diffuses, dans la *spatialisation abstraite*, on part de la trajectoire, sans prendre en compte les paramètres du son. Dans ce dernier cas, la trajectoire définit indirectement les différences de phase, d'amplitude et spectrales de manière coordonnée qu'il faut appliquer sur le son pour chacun des haut-parleurs pour percevoir une trajectoire précise.

1.2.1. la spatialisation abstraite

La *spatialisation abstraite*, externe au son, nécessite une certaine conceptualisation des figures géométriques dans l'espace ou une spatialisation pointilliste au sein d'un modèle planétaire. Dans cette approche Top-Down (Top : la forme spatiale -> Bottom : les paramètres sonores), l'espace s'impose sur ses objets, auxquels sont assignés des paramètres spatiaux externes.

Alors que quelques événements peuvent former des trajectoires claires et bien définies,² comme dans *Turenas* avec des courbes de Lissajous [6], la superposition d'une multitude de couches sonores peut créer une riche polyphonie spatiale (poly-spatialité) ou des textures spatiales (comme dans *Stria* avec des positions statiques tournant légèrement à chaque nouvel événement [7]). Suivant les

1. Cette classification n'inclut pas certaines stratégies prenant en compte l'espace acoustique ou les techniques de diffusion en temps réel sur des acousmoniums, bien qu'elles puissent être considérées comme des techniques de *spatialisation concrète*.

2. Natasha Barrett a expérimenté qu'un auditeur moyen pouvait discerner 5 sons différents parmi 8 sons continus jouant simultanément à des points différents de l'espace avec un masquage spectral relatif et peu de variation temporelle, d'amplitude et de texture significative. De plus, il est intéressant de noter qu'un lent déplacement de ces mêmes sons à travers l'espace permettait de séparer davantage les matériaux et ainsi d'augmenter le nombre d'éléments sonores perçus. [2]

principes de regroupement du Gestalt [8], différents sons peuvent être perçus comme provenant d'une même source sonore, par exemple si leurs trajectoires sont corrélées (symétrie) [9] ou si les hauteurs se situent dans une même bande de fréquence - jusqu'à environ une tierce mineure - (similarité) [10] et donc fusionner spatialement en un objet plus grand ou être séparés en de multiples sources distinctes dans l'espace.

Des trajectoires peuvent être dessinées dans la plupart des séquenceurs, générées de manière algorithmique dans des éditeurs dédiés [9], déterminées avec les pixels d'une image et modifiées par des filtres [11], simulées par des séquences de chiffres représentant les haut-parleurs [12] ou par l'intermédiaire de matrices, au sein desquelles les flux d'entrées sont redirigés de manière dynamique vers certains canaux de sortie [13, 14],³ ou constituées de multiples crossfades entre des motifs spatiaux simples en stéréo ou en quadraphonie, dont les sorties sont réassignées de différentes façons pour créer un environnement sonore 3D (comme dans *Oktophonie* [17]).

1.2.2. la spatialisation concrète

La *spatialisation concrète*, interne au son, analyse ou intervient directement sur les paramètres internes du signal sonore et peut éventuellement décomposer son spectre dans le domaine temporel ou fréquentiel. Dans cette approche Bottom-Up (Bottom : les paramètres sonores -> Top : la forme spatiale), les caractéristiques de l'objet sonore se déploient, s'exposent et s'imposent sur l'espace, soit en utilisant les données de l'analyse sonore pour déterminer les positions et mouvement spatiaux [9] ou en diffusant et décorrélant de multiples instances d'une particule sonore, dans le but de créer généralement un espace immersif avec des champs sonores larges et diffus.

Elle comprend un large éventail de techniques de spatialisation sonore : la décorrélation micro-temporelle [18] et de phase [19], la décorrélation d'amplitude avec des formes d'enveloppe asymétriques [20], la décorrélation de multiples processus sonores en modulant de manière cohérente les paramètres de synthèse grâce à des fonctions sur des surfaces [21], des effets de transposition et de délai [22], la décorrélation de bandes spectrales [23], la granulation spatiale [24], la diffusion spectrale, soit avec des filtres passe-bande [25] ou des filtres et délais FFT [26], dont les particules peuvent être contrôlées avec des interfaces graphiques, des interpolations de presets, des capteurs gestuels, des données environnementales, des *boids*, des algorithmes stochastiques, des synthèses par terrain d'ondes [27], des cartes sonores spatiales basées sur des images [28] ou bien des pôles magnétiques.

3. A la fin des années 70, une matrice 4x4 connectant différents canaux d'entrée et de sortie a été développée pour spatialiser MusiCircus de John Cage [15]. Ce concept a été approfondi par Barry Truax avec la matrice DM-8 8x8 [13] et étendu avec le système de diffusion M2 [16] et par la suite ReSound [14], ce qui rappelle dans une certaine mesure la manière utilisée par Stockhausen pour spatialiser *Oktophonie*.

1.2.3. Au delà de la classification : vers la composition de relations spatio-temporelles entre les objets sonores

Comme toute classification, celle-ci est théorique et certaines techniques peuvent se situer à la frontière et s'appliquer aux deux catégories. Ainsi, des *techniques abstraites* peuvent chercher à l'intérieur du son des éléments de leur spatialisation, par exemple, lorsque la vitesse de lecture d'une trajectoire dépend de la variation d'un paramètre du spectre sonore comme la brillance, et certaines *méthodes concrètes* peuvent employer des figures pour spatialiser des particules spectrales.

L'intérêt compositionnel ne cherche pas à les diviser, mais à réunir et exploiter les spécificités de chacune d'entre-elles pour créer un espace de relations dynamiques, qui révélera les différentes facettes et l'évolution des caractéristiques des objets sonores et du lien qu'ils entretiennent entre eux. La spatialisation ne sert pas qu'à révéler l'espace, mais aussi et surtout à faire découvrir les objets sonores, qui évoluent à l'intérieur de celui-ci. Bien que la chorégraphie d'un simple mouvement puisse délivrer un message métaphorique, le fait "qu'un élément sonore d'une voie soit situé, placé, inscrit ici ou là, ne lui donne aucune valeur. Pour chacun des sons, c'est son rapport, son mouvement par rapport ou vers un autre ou les autres qui expriment le musical (lien relatif et non absolu)." [29]

2. DÉVELOPPEMENT D'UN OUTIL DE COMPOSITION & PERFORMANCE SPATIALE

"A cause de la nature expérimentale innée des musiques électroacoustiques et à cause de leur écriture qui se situe entre l'abstraction et la commande directe de l'instrument, il semble souvent évident à l'auteur de musiques électroacoustiques de vouloir et devoir fabriquer de nouveaux instruments, ⁴ de redonner au mot jouer son sens véritable, de rappeler, dans sa création, que la musique est éphémère de nature et au lieu de conserver, d'aller explorer des régions inconnues de nos facultés de perception et compréhension." [22, Rainer Boesch] Il s'agit de développer et d'inventer "un instrument permettant de se jouer du lieu et de la musique en même temps, un instrument élargissant le champ de liberté des actions à la console afin de permettre de donner l'illusion que l'on est en train de faire de la musique, ici et maintenant." [30, Alain Savouret]

L'outil de performance spatiale présenté vise à expérimenter la perception spatiale et les relations (spectrales et spatio-temporelles) entre les objets sonores, en se basant sur les principes suivants :

2.1. Une approche informatique intégrée

De nombreux outils de spatialisation choisissent une approche stratifiée, séparant les différentes étapes de la

4. John Maeda : "Lorsque l'on utilise le programme des autres, on vit dans le rêve d'une autre personne." Nous en faisons l'expérience quotidiennement, à la recherche de la façon avec laquelle nos rêves peuvent prendre forme.

spatialisation sonore (système d'écriture spatiale, encodage, décodage, contrôle et rendu sonore) dans différents programmes [31, 32]. Ils se dégagent du moteur de spatialisation employé et plus généralement de l'environnement sonore, notamment pour permettre au compositeur d'utiliser son logiciel audio préféré grâce à un système adaptatif à l'environnement et de bénéficier des avantages spécifiques à chaque plate-forme. Sur un plan plus pratique, l'intégration de différentes applications spatiales à un environnement audio numérique déjà constitué peut montrer ses limites, notamment en ce qui concerne les problèmes de communication et de synchronisation en temps réel entre les différentes entités, en imposant la répétition des mêmes actions et processus dans différentes interfaces. C'est la raison pour laquelle une approche intégrée a été choisie en implémentant dans le langage *SuperCollider* [33] un outil global incorporant l'organisation spatiale au cœur de la synthèse des événements sonores. Bien que certains algorithmes ne soient pas développés sur la plate-forme en question, cette solution permet, non seulement une manipulation simplifiée des techniques de *spatialisation concrète*, basées sur les paramètres internes du signal, mais aussi d'éviter de naviguer constamment entre différentes applications pour modifier la sensation spatiale.

2.2. Une configuration spatiale des haut-parleurs modulaire

L'interface de performance spatiale vise à s'adapter facilement au nombre de haut-parleurs à disposition et permet de modifier en conséquence, simplement et simultanément, l'espace de composition et de diffusion ou de performance, qui sont intimement reliés et ne font plus qu'un. Il ne s'agit plus d'adapter un espace et un système de diffusion aux exigences d'une pièce électronique, mais d'adapter un système de performance aux possibilités et contraintes d'un environnement de diffusion, qui peut radicalement changer d'un lieu à l'autre à chaque nouvelle performance. La simplification du processus de composition et de diffusion spatiale permet de faciliter l'intégration dans une oeuvre des dimensions spatiales, qui peuvent être alternativement mis en avant ou en retrait par rapport aux autres paramètres sonores.

2.3. Un large éventail de techniques et algorithmes de spatialisation

La *spatialisation abstraite* basée sur des trajectoires sonores et des représentations géométriques externes ne constitue qu'une technique de composition possible parmi celles à disposition pour créer un espace sonore. Comme le déclare Horacio Vaggione : "J'utilise rarement des outils de spatialisation globaux standards, même pas une réverbération simple. J'essaie de donner à chaque objet sonore une caractéristique spatiale unique. Les textures ainsi créées ont une polyphonie spatiale ou une polyspatialité, permettant de percevoir une dynamique spatiale dans la profondeur." [34] En offrant une palette de multiples choix spatiaux avec des paramètres variés, non pas seulement

en intégrant différents algorithmes de rendu spatial, mais aussi *des techniques concrètes* agissant sur l'espace interne et autres paramètres sonores (rythme, durée, spectre, fréquence, enveloppe d'amplitude, type de son et autres paramètres de synthèse, qui ont une grande influence sur la perception spatiale, comme la décorrélation micro-temporelle), différentes couleurs spatiales peuvent émerger pour créer des spatialisations hybrides uniques entre des localisations précises et une sensation d'enveloppement diffuse.

2.4. Une approche hybride entre composition et improvisation

Les outils de spatialisation sont principalement conçus pour la composition avec une approche hors-temps et hors-espace, comme une étape finale, lors de laquelle on met en espace le résultat sonore de chaque piste. Il est désormais temps de penser des outils spatiaux électroniques, dans lesquels les composantes spatiales sont aussi bien composées qu'improvisées ou performées en même temps et au même niveau que les autres paramètres et en intégrant notre corps et notre instinct dans le processus de création en réaction face à l'espace sonore environnant généré.

De la même façon que Stockhausen pré-enregistrait en MIDI des séquences de mouvement, ce qui le libérait pour contrôler en temps réel dans l'espace de son studio des aspects de plus haut niveau ou plus complexes, comme la vitesse ou le fondu enchaîné des trajectoires [17], l'extension de ce concept, en établissant préalablement une bibliothèque exhaustive de méta-modèles de spatialisation avec une sélection dynamique, ergonomique et rapide parmi des systèmes de rendu spatial et des *techniques de spatialisation concrète et abstraite* pour un nombre variable de sources, peut simplifier l'organisation, l'expérimentation et la manipulation spatiale en live des événements sonores, tout en complexifiant la perception des espaces. Des outils hybrides sont nécessaires pour faciliter et accélérer le processus de création en musique électroacoustique et instaurer davantage une démarche réellement expérimentale faisant un aller-retour constant entre la manipulation au niveau de la micro-structure et l'évaluation esthétique de la macro-structure.

Comme le souligne Chagas, "le compositeur ne joue pas avec la machine, mais plutôt contre elle : Il tente de créer des informations, en réalisant des possibilités nouvelles et improbables avec la machine." [35] Lorsque l'instinct corporel prend le pas sur l'intellect, de nouvelles interactions, possibilités et contraintes avec la machine apparaissent, en la poussant jusqu'à ses limites.⁵

5. Il est indispensable que les compositions électroniques réinvestissent le champ de l'interprétation et de l'improvisation en libéralisant tous les paramètres de jeu (tout en les restreignant à une certaine gestuelle). Ceci permettra de rendre l'acte de composition plus instinctif et fluide en le confondant à l'acte de performance. Cet environnement, dans un certain sens, prône ou prend acte de l'éphémère, de l'aléatoire en intégrant le processus même de la vie dans l'oeuvre et tente de reconsidérer l'interprète électronique en lui donnant une réelle action sur le devenir des paramètres musicaux. Bien que sa structure ou son essence puisse être conservé (dans la limite des avancées informatiques), l'expérience

3. PARTICULARITÉ RYTHMIQUE DE L'OUTIL "LIVE 4 LIFE" : LES BOUCLES DE PARAMÈTRES, SPATIALES ET RYTHMIQUES, MODIFIABLES EN TEMPS RÉEL

L'idée originelle de développement de cette interface de performance spatiale est de reproduire sous une forme électroacoustique l'énergie rythmique, dansante et transcendante des tribus africaines comme celles des pygmées Aka [36] ou Baka et de les associer à d'autres modèles rythmiques afin de les diffuser et modifier en temps réel dans l'espace, pour osciller entre rythme, trame et explosion sonore. Pour arriver à cet objectif, l'interface présente plusieurs caractéristiques :

3.1. Une organisation rythmique précise de la spatialisation de chaque événement sonore

La majorité des interfaces de spatialisation néglige souvent une gestion temporelle efficace de la mise en espace des événements, en partie en raison de la stratification du processus de composition dans plusieurs logiciels et de la complexité à spatialiser individuellement chaque événement sonore. Les compositeurs peuvent préférer se simplifier la tâche en spatialisant des flux sonores, regroupant de multiples événements, d'autant plus que la composition spatiale implique parfois de geler ou ralentir les autres paramètres musicaux, notamment rythmiques pour mettre en évidence la perception d'espace. Cependant, tout comme la spatialisation change la perception temporelle, la micro-temporalisation des événements sonores modifie la perception spatiale.

L'outil permet d'écrire la rythmique des événements au sein d'une séquence de manière très précise (figure 4), soit de manière proportionnelle, grâce à la méthode *convert-Rhythm* [37], via un générateur aléatoire rythmique plus ou moins déterminé ou bien en dessinant directement à l'intérieur d'un multislider les *onsets* de façon proportionnelle ou absolue, puis de modifier aisément la durée de la séquence. Une solution très efficace pour écrire le rythme peut aussi consister à utiliser le module de probabilités du déclenchement d'un événement et d'appliquer l'algorithme euclidien [38] avec des temps d'*onsets* entre les événements égaux. Cette rythmique euclidienne permet de créer une grande quantité de rythmes traditionnels, notamment provenant de la musique africaine et de distribuer selon certaines contraintes un motif de la manière la plus régulière possible.

3.2. Le contrôle spatio-temporel des séquences et de ses événements

Le programme de performance spatiale n'utilise pas le concept de *timeline* classique pour écrire les événements dans le temps se faisant de manière horizontale selon un axe temporel. Cependant, il reprend les notions de *Pistes* et de *Clips* ou *Séquences* des séquenceurs traditionnels et

sensible doit être renouvelée, modifiée et mourir à chaque exécution.

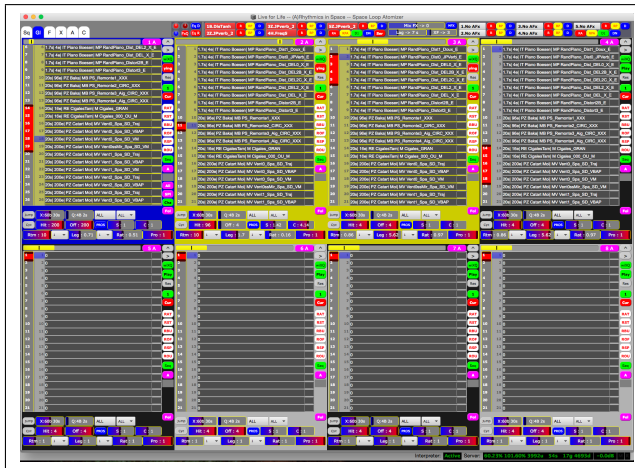


Figure 1. Vue Globale organisant les Séquences de chacune des 8 Pistes.

une visualisation relativement semblable à la fenêtre *Session* du logiciel *Live* d'Ableton quant à l'organisation globale des séquences de durées variables (figures 1 et 2), bien qu'elles (une seule ou une sélection de séquences) puissent être organisées, éventuellement de manière aléatoire, de manière plus flexible pour chaque piste pour créer des polyrythmies.

Ce qui diffère réellement de *Live* est la vue *Séquence* (figures 3 et 5), qui comprend un nombre variable d'éléments appelés *Événements*, qui sont à leur tour déterminés par des *Modules* (figures 4 et 6), organisant des séries ou des algorithmes pour chaque paramètre de la synthèse sélectionnée. Le programme a donc la structure suivante : *Paramètres de synthèse* → *Événements sonores* → *Séquences* → *Pistes*.⁶

Tandis que des dizaines ou centaines de séquences peuvent être créées au niveau micro durant le processus de composition et enregistrées sous forme de presets, le compositeur peut durant la performance se focaliser soit au niveau macro sur l'organisation des séquences (figure 1) et la manipulation des effets globaux (figures 7, 8 et 9), ou bien au niveau local sur la modulation des échelles et la longueur des séries des valeurs de paramètres au sein d'une séquence (figure 3) ou un groupe de séquences (figures 1 et 2).

3.3. Des boucles de paramètres (spatiales, rythmiques et spectrales)

L'une des intentions de l'outil, nommé "Live 4 Life", consiste aussi à travailler sur l'idée de boucle, sur les manières de construire, distordre et déstructurer progressivement ou soudainement des séquences de paramètres cycliques, pour arriver à un nouveau modèle (boucle ou non), notamment par des variations dans la spatialisation ou l'espace environnant, permettant ainsi une navigation permanente entre des formes, structures et des *déformes*.

6. Ici, le concept de *piste* n'a pas la même signification que dans les séquenceurs traditionnels puisque de multiples événements sonores peuvent être superposés en même temps.

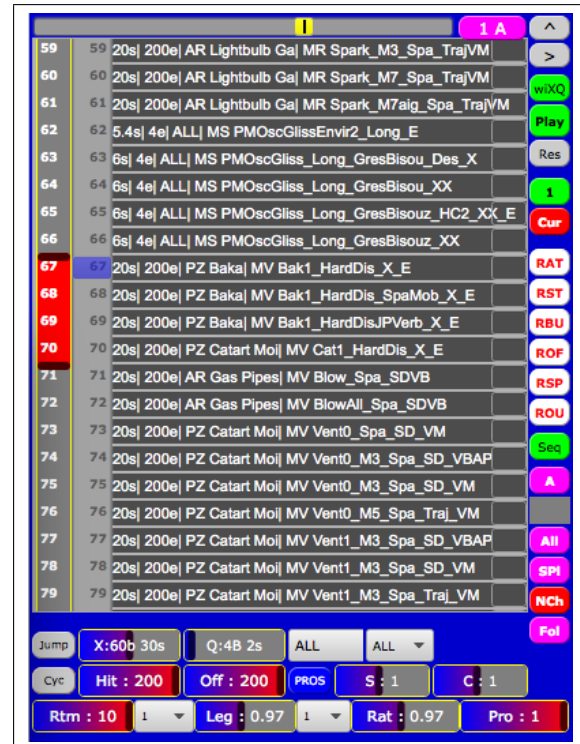


Figure 2. Détail de la vue Globale, avec un zoom à l'intérieur d'une piste. Ici, 4 séquences de 200 événements, durant 20 secondes chacune, avec leurs propres spatialisations, sont mis en boucle.

La simple juxtaposition de séries de durées différentes à l'intérieur d'une séquence ou entre différentes séquences peut générer des polyrythmies complexes de valeurs pour les arguments des synthèses. Ainsi, en variant localement les boucles des paramètres des événements sonores à partir de séquences pré-enregistrées ou globalement les boucles des séquences au sein des pistes, la stratégie hybride combinant des pré-programmes improvisés en temps réel, employée par Stockhausen pour traiter la spatialisation, peut être étendue à toutes les dimensions et paramètres de la composition et de la synthèse sonore, pour créer des *compositions variables* à la fois dans le temps et l'espace à des échelles différentes.

3.4. Sur De multiples échelles temporelles

La spatialisation peut se produire sur de multiples dimensions temporelles, à la fois au niveau local des événements sonores individuels mais aussi au niveau macro grâce à des transformations sur certains événements réunis au sein d'une piste ou bien sur tout le flux sonore d'une piste. Concrètement, l'espace conçu ou improvisé pour chaque événement sonore parmi différentes approches de contrôle spatial ou positionnements dans une scène sonore peut être de nouveau encodé de manière ambisonique, remodelé et distordu, par exemple en filtrant ou en se focalisant davantage sur une région spécifique du champ sonore ou bien en poussant ou en faisant pression sur l'image spatiale des sons, à travers l'*Ambisonic Toolkit* (figure 9). [40]

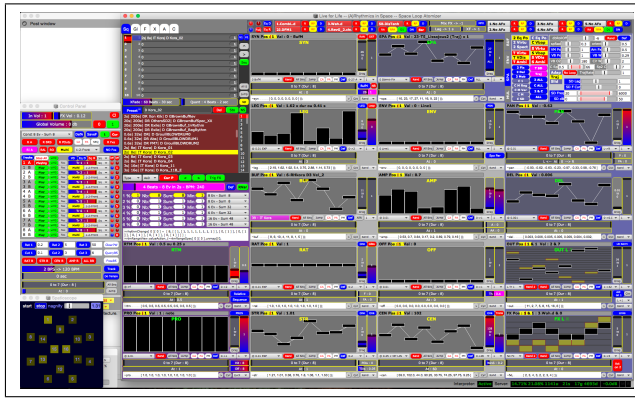


Figure 3. Vue d'une Séquence de 8 événements durant 1 seconde montrant les modules, intégrant un *MultiSlider*, qui déterminent les séries de paramètres de synthèse. Les modules déterminent les séquences temporelles (rythme et probabilité de déclenchement d'un événement), spectrales (type de synthèse et effets et autres paramètres de synthèse) et spatiales.

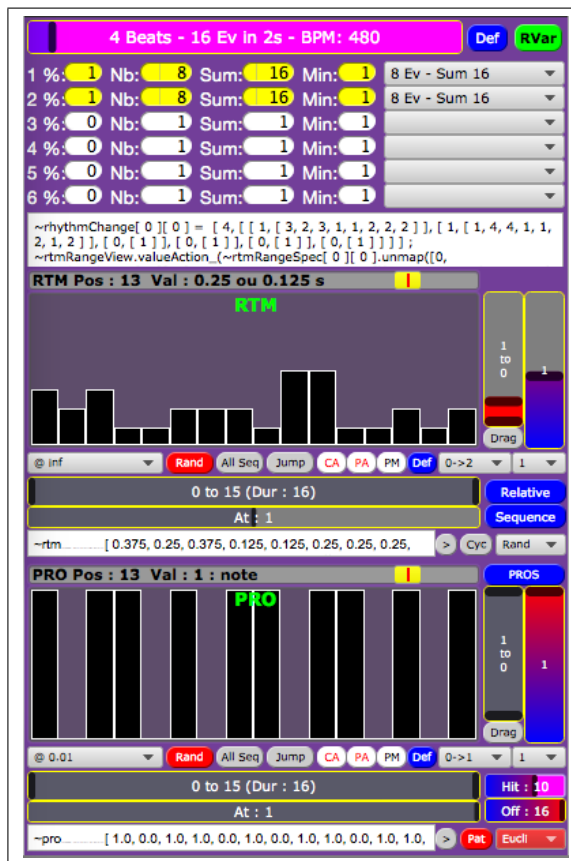


Figure 4. Zoom dans la vue d'une Séquence sur la partie rythmique. Ici, est présentée une séquence rythmique de 16 événements durant 4 temps (2 secondes avec un tempo de 120 BPM), avec les *onsets* dans le *MultiSlider* du haut. Dans le *MultiSlider* du bas, qui détermine la probabilité de déclencher un événement, est appliqué un algorithme euclidien, qui génère finalement 10 événements sur 16. Le *RangeSlider* et le *Slider* à droite des modules permettent de modifier rapidement l'échelle des valeurs des paramètres.

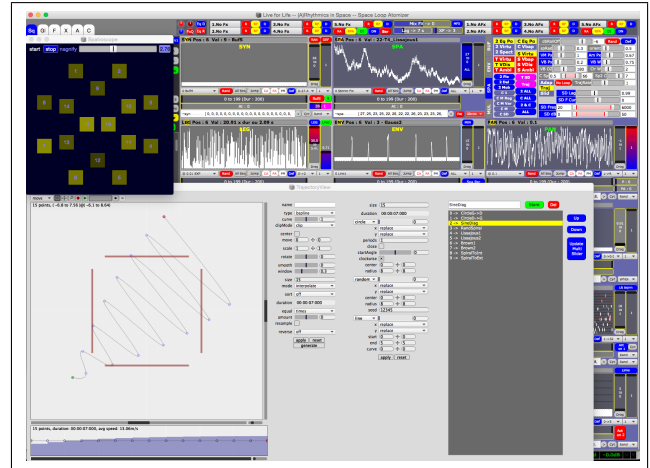


Figure 5. Vue d'une Séquence de 200 événements durant 20 secondes, avec au dessus un spatioscope représentant le volume avec 16 haut-parleurs et un éditeur de trajectoires 2D réadapté de l'éditeur de *WFSCollider*. [39]

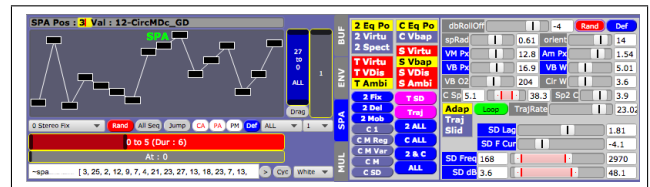


Figure 6. Zoom dans la vue d'une Séquence sur la partie spatiale. A gauche, vue d'un Module avec un *MultiSlider* à l'intérieur d'une Séquence, déterminant les paramètres de synthèse et dans ce cas, le type de mouvement de la spatialisat (panning stéréo, trajectoires linéaires, circulaires, complexes ou en fonction du signal audio...). Ici, une série de 6 modèles est mis en boucle parmi une séquence de 16 types de spatialisat. A droite, sélection entre différents algorithmes et paramètres de spatialisat (panoramique d'intensité ou avec délai, ambisonique, VBAP...).

4. CONCLUSION ET FUTURS DÉVELOPPEMENTS

4.1. Objectifs globaux de l'instrument numérique : Live 4 Life

L'instrument numérique présenté est un programme hybride de composition et performance spatiale live, *global et durable*,⁷ (synthétiseur / sampler / séquenceur), permettant de composer, contrôler et décomposer :

1. des séquences, structures sonores rythmiques (dan-santes), chaotiques et granulaires afin de :
 - (a) travailler sur l'idée de construction de boucles (de paramètres), de cycles et de rechercher la manière de les déstructurer pour arriver à un

7. Bien que la durabilité de cet instrument soit dépendante de la sur-vie de la plate-forme de développement SuperCollider, le terme *durable* renvoie ici au fait de m'attacher de manière quasi-exclusive à un instrument afin de prendre le temps de le connaître, de le prendre en main et d'apprendre à jouer avec ses limites.

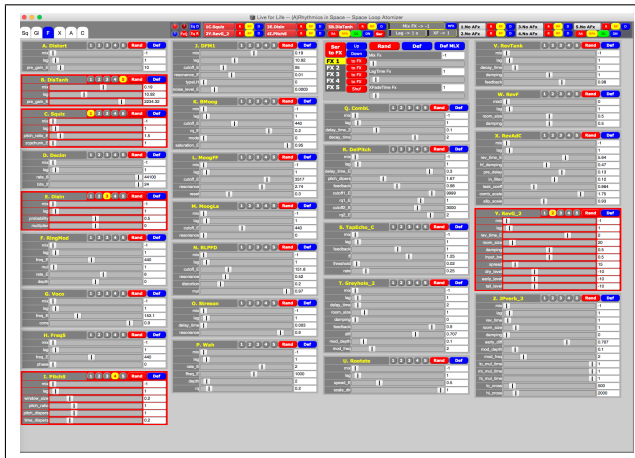


Figure 7. Vue des Effets globaux 1 (distortions, fréquentiels, filtres, délais, réverbérations).

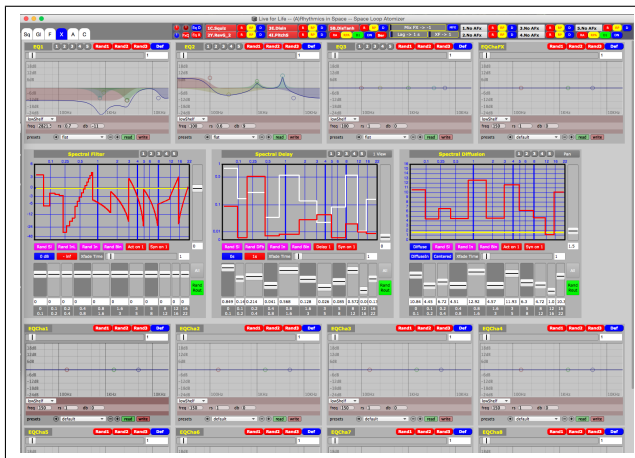


Figure 8. Vue des Effets globaux 2 (égaliseurs, filtre, délai et diffusion spectrale).

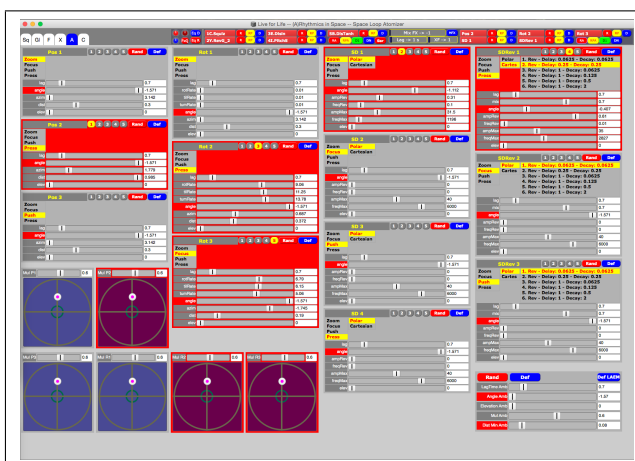


Figure 9. Vue des Effets globaux ambisoniques 3 (distorsion et filtre du champ sonore) à partir de l'Ambisonic Toolkit. [40]

nouveau modèle (boucle ou non), permettant une navigation permanente entre des formes, structures et des *déformes*.⁸

- (b) reproduire sous une forme électro-acoustique l'énergie rythmique, dansante (transcendante) des tribus africaines comme celles des pygmées Aka ou Baka.

2. dans l'espace, en offrant :

- (a) des configurations spatiales modulaires de haut-parleurs,
- (b) un large éventail de techniques *concrètes et abstraites* et algorithmes de spatialisation,
- (c) de multiples échelles temporelles en spatialisant en cascade des objets sonores au niveau micro et des flux sonores au niveau macro.

3. des objets audiovisuels en intégrant la possibilité de transposer, visualiser chaque objet, élément sonore sur un autre medium (lumière / laser, images / vidéos, objet visuel de synthèse animé en 2D / 3D).

C'est aussi un outil de recherche live sur la perception dans l'espace de boucles (de paramètres) sonores (ou non) et d'exploration des matériaux, ayant pour objectif :

- 1. d'avoir autant de paramètres sonores modulables que possible pour enregistrer sous forme de presets des séquences lors de séances de composition,⁹
- 2. de manipuler une quantité limitée de méta-contrôles simples et ergonomiques organisant et variant des séquences spatio-temporelles en temps réel,¹⁰
- 3. d'intégrer le processus même de la vie dans l'oeuvre (fragile, éphémère, inattendu, aléatoire ou prédestiné) en interagissant avec d'autres artistes ou le public, soit dans :
 - (a) la captation et analyse rythmique et spectrale des sons d'autres musiciens ou poètes,
 - (b) l'orientation de l'improvisation en fonction de leurs réactions.

8. Des modèles de vies se reproduisent inéluctablement de génération en génération, en fonction notamment d'un environnement (spatial). Comment arriver à casser ces boucles (de paramètres ou circonstances) pour les transcender et arriver à l'origine de son propre être ou de sa propre nature sonore ?

9. Le fait de restreindre les possibilités du programme permet de fabriquer plus facilement un instrument gestuel alors que l'utilisation de l'informatique dans son universalité rend difficile d'avoir un geste musical. Le parti-pris initial pour cette interface de performance spatiale est de mettre en place un outil global, ce qui implique une certaine difficulté d'instaurer un geste musical cohérent et lisible pour l'auditeur. Cependant, il est possible de définir un geste ou mouvement particulier en fonction du type de séquence et de synthèse.

10. "Le Live est une musique de relations et un lieu de confrontation permanente entre l'imaginaire et la forme, le son souhaité ou rêvé et ce qu'on arrive à réaliser. L'obligation d'alimenter en permanence la musique entraîne nécessairement des erreurs qu'il faut constamment rattraper. L'improvisation suppose l'abandon de l'idée de perfection sans pour autant abandonner la précision dans l'intention."

4. de composer des morceaux, fragments de vies, conter la vie et confronter et revisiter la mémoire ou les séquences ou pièces sonores du passé avec le réel et le virtuel du présent (côté éphémère du live par opposition à l'obsession de l'idée de conservation du passé et du présent),
5. d'expérimenter et d'analyser les relations spatiales entre les objets sonores ou leurs réflexions et de mettre en place une bibliothèque des différentes associations possibles entre le rythme (ou les autres paramètres sonores) et les positions spatiales,
6. d'encourager la création personnelle de ses propres instruments virtuels (DIY en choisissant un environnement de programmation open source).

4.2. Premières expériences

Ce programme d'improvisation spatiale, qui vise à être distribué en open source à son terme, est, à ce jour, à un stade relativement mature, bien qu'il soit en constant développement. Il a été utilisé par son auteur principalement, sur plate-forme Mac, dans un format octophonique et est actuellement testé sur tout type de dispositif spatial (notamment les dômes de 16 et 32 haut-parleurs de l'Université de Montréal).

Bien que les premières expériences spatiales, avec ce programme, soient prometteuses, quelques limites peuvent apparaître dans certaines circonstances, dont deux particulièrement. Tout d'abord, dans la version standard de SuperCollider, la génération audio des événements sonores n'est calculée que sur un seul serveur audio, donc un seul cœur de l'ordinateur. Il est cependant possible d'utiliser le serveur multi-cœur *Supernova*, bien qu'il ne soit réellement optimisé que sous Linux d'après des premiers tests. Une alternative, qui est actuellement en cours d'implémentation, consiste à distribuer le calcul de la synthèse sur deux serveurs ou cœurs. Deuxièmement, l'utilisation des effets globaux multiphoniques peut-être limitée lors de configurations spatiales conséquentes, notamment pour des dispositifs supérieurs à 16 haut-parleurs, faute de ressources CPU.

En combinant un jeu sur les sélections des séquences et sur les modulateurs globaux (notamment de vitesses de lecture), il est possible de créer très rapidement aussi bien de grandes masses et textures spatiales, que des polyrythmies spatialisées plus organisées et de changer aussi bien de temporalités que de spatialités très facilement. De la même manière que les techniques de synthèse croisée échangent des informations temporelles et spectrales, des identités spatiales peuvent être transférées ou échangées entre les matériaux et ainsi impliquer un mimétisme spatial (*spatial mimicry*), particulièrement lorsque le son ne suggère pas une association spatiale forte à travers une identité sonore spécifique. [2]

Une technique qui permet de générer des masses sonores spatiales, cohérentes et organiques consiste à spatialiser chaque objet sonore en fonction de ses particularités intrinsèques, comme le centroïde spectral ou l'intensité

(ce qui permet de lier l'objet sonore naturellement à son espace), et à varier les échelles et le sens du *mapping* entre les différents événements (afin de brouiller la systématisation et la récurrence du processus de spatialisation). Cette dernière méthode peut être étendue avec des chorus spatialisés, qui permettent de combiner de multiples copies d'un même objet sonore, dont les paramètres spatio-temporels, fréquentiels, de vitesses de lecture ou d'amplitude varient.

4.3. Futurs développements

Les prochains développements et thèmes en cours d'exploration comprennent entre autres :

1. la spatialisation des multiples échos d'un événement sonore ou les chorus spatialisés,
2. l'impact de l'environnement sur les objets sonores individuels (des effets globaux avec des paramètres différents en fonction des haut-parleurs et idéalement des zones spatiales),
3. la mise en place d'une bibliothèque des différentes associations (combinaisons et contraintes) possibles, particulièrement entre le rythme et les positions spatiales,
4. l'amélioration de la classification et de la structure des dossiers sons et des presets en utilisant entre autres des algorithmes d'extraction d'informations musicales. [41] L'ajout de méta-données aux fichiers sons ou presets de séquences peut être utile pour intégrer dans la composition ou improvisation une approche associative entre les objets. [42]
5. la mise en place d'une gestuelle et de contrôleurs physiques, avec des *mappings* adaptés à chaque type de séquence. Actuellement, un contrôleur MIDI modifie les volumes des pistes et les paramètres globaux des séquences des pistes, comme le tempo, la densité ou les vitesses de lecture des fichiers sons. L'utilisation simultanée de plusieurs contrôleurs, notamment tactiles, permettrait d'instaurer une interface multi-utilisateur, au sein de laquelle chaque personne pourrait déterminer les paramètres spécifiques des séquences, en répartissant le jeu par piste ou par paramètre et de questionner les modalités d'adaptation aux autres afin qu'une rencontre ou un échange se produise.
6. la composition d'objets audiovisuels, en transmettant via le protocole OSC les paramètres de synthèse de chaque événement audio du langage SuperCollider vers Processing ou Open Frameworks, afin de représenter chaque objet sonore avec un objet graphique virtuel, un symbole, une vidéo ou une image, dont la position, la vitesse de lecture, le décalage, la transparence, le mouvement ou d'autres effets vidéos seraient contrôlés par les paramètres de synthèse sonore.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] D. SMALLEY, « Space-form and the acousmatic image », *Organised Sound*, vol. 12, no. 1, p. 35–58, 2007.
- [2] N. BARRETT, « Spatio-musical composition strategies », *Organised Sound*, vol. 7, no. 3, p. 313–323, 2002.
- [3] D. L. BARREIRO, « Considerations on the handling of space in multichannel electroacoustic works », *Organised Sound*, vol. 15, no. 3, p. 290–296, 2010.
- [4] K. STOCKHAUSEN, *Score Oktophonie : Elektronische Musik vom Dienstag aus Licht*. Kürten : Stockhausen-Verlag, 1994.
- [5] G. S. KENDALL, « Spatial perception and cognition in multichannel audio for electroacoustic music », *Organised Sound*, vol. 15, no. 3, 2010.
- [6] J. CHOWNING, « Turenas : the realization of a dream », *Journées d'Informatique Musicale*, 2011.
- [7] M. MENEGHINI, « An analysis of the compositional techniques in John Chowning's Stria », in *Computer Music Journal*, vol. 31, p. 26–37, MIT Press, 2007.
- [8] A. S. BREGMAN, *Auditory Scene Analysis : The Perceptual Organisation of Sound*. Cambridge, Massachusetts : MIT Press, 1994.
- [9] L. POTTIER, « Le contrôle de la spatialisation », in *La spatialisation des musiques électroniques*, p. 81–104, Publications de l'université de Saint-Etienne, 2012.
- [10] R. GOTTFRIED, « Studies on the compositional use of space », *IRCAM Research Report*, 2012.
- [11] E. LYON, « Image-based spatialization », *International Computer Music Conference*, 2012.
- [12] A. BOITEAU, « Intégration de l'espace dans les processus compositionnels d'Emanuel Nunes : le cas de Lichtung I », Mém. D.E.A., IRCAM - Paris, 1997.
- [13] B. TRUAX, « Composition et diffusion : espace du son dans l'espace », in *Académie de Bourges, Actes III, Composition / Diffusion en Musique Electroacoustique*, p. 177–181, Editions Mnémosyne, 1997.
- [14] J. MOONEY et D. MOORE, « Resound : open-source live sound spatialisation », *International Computer Music Conference*, 2008.
- [15] C. BARLOW, « La diffusion compose : ce qui est (in)soluble et (hors) de propos dans mon oeuvre », in *Académie de Bourges, Actes III, Composition / Diffusion en Musique Electroacoustique*, p. 12–19, Editions Mnémosyne, 1997.
- [16] A. MOORE, J. MOONEY et D. MOORE, « M2 diffusion : the live diffusion of sound in space », *eContact*, vol. 7, no. 4, 2005.
- [17] M. CLARKE et P. MANNING, « The influence of technology on the composition of Stockhausen's Octophonie, with particular reference to the issues of spatialisation in a three-dimensional listening environment », *Organised Sound*, vol. 13, no. 3, p. 177–187, 2008.
- [18] H. VAGGIONE, « Décorrélation microtemporelle, morphologies et figurations spatiales du son musical », in *Espaces sonores*, p. 17–29, Paris : Editions musicales transatlantiques, 2002.
- [19] G. S. KENDALL, « The decorrelation of audio signals and its impact on spatial imagery », in *Computer Music Journal*, vol. 19, p. 71–87, MIT Press, 1995.
- [20] F. CAVANESE, F. GIOMI, D. MEACCI et K. SCHWOON, « Asymmetrical envelope shapes in sound spatialization », *Sound and Music Computing Conference*, 2008.
- [21] M. C. NEGRAO, « Immlib - A new library for immersive spatial composition », *International Computer Music Conference*, 2014.
- [22] R. BOESCH, « Composition / diffusion en électroacoustique », in *Académie de Bourges, Actes III, Composition / Diffusion en Musique Electroacoustique*, p. 39–43, Editions Mnémosyne, 1997.
- [23] G. POTARD et I. BURNETT, « Decorrelation techniques for the rendering of apparent sound source width in 3D audio displays », *Conference on Digital Audio Effects*, p. 280–284, 2004.
- [24] S. WILSON, « Spatial swarm granulation », *International Computer Music Conference*, 2008.
- [25] R. NORMANDEAU, « Timbre spatialisation : the medium is the space », *Organised Sound*, vol. 14, no. 3, 2009.
- [26] D. KIM-BOYLE, « Spectral spatialization - an overview », *International Computer Music Conference*, 2008.
- [27] S. JAMES, « From autonomous to performative control of timbral spatialisation », *Australasian Computer Music Conference*, 2012.
- [28] E. DELEFLIE et G. SCHIEMER, « Images as spatial sound maps », *Conference on New Interfaces for Musical Expression*, 2010.
- [29] C. CLOZIER, « Composition - diffusion / interprétation en musique électroacoustique », in *Académie de Bourges, Actes III, Composition / Diffusion en musique électroacoustique*, p. 52–85, Editions Mnémosyne, 1997.
- [30] A. SAVOURET, « Natures de diffusion », in *Académie de Bourges, Actes III, Composition / Diffusion en Musique Electroacoustique*, p. 168–176, Editions Mnémosyne, 1997.
- [31] C. BASCOU, « Adaptive spatialization and scripting capabilities in the spatial trajectory editor Holo-Edit », *Sound and Music Computing Conference*, 2010.
- [32] N. PETERS, T. LOSSIUS, J. SCHACHER, P. BALTAZAR, C. BASCOU et T. PLACE, « A stratified approach for sound spatialization », *Sound and Music Computing Conference*, 2009.
- [33] J. M. CARTNEY, « Rethinking the computer music language : Supercollider », in *Computer Music Journal*, vol. 26, p. 61–68, MIT Press, 2002.

- [34] H. VAGGIONE et O. BUDON, « Composing with objects, networks, and time scales : an interview with Horacio Vaggione », in *Computer Music Journal*, vol. 24, p. 9–22, MIT Press, 2000.
- [35] P. C. CHAGAS, « Composition in circular sound space : Migration - 12-channel electronic music (1995-97) », *Organised Sound*, vol. 13, no. 3, p. 189–198, 2008.
- [36] S. AROM, *African polyphony and polyrhythm. Structure and melody*. Cambridge University Press, 2004.
- [37] M. LAURSON et M. KUUSKANKARE, « From RTM-notation to ENP-score-notation », *Journées d'Informatique Musicale*, 2003.
- [38] G. T. TOUSSAINT, « The Euclidean algorithm generates traditional musical rhythms », *Proceedings of BRIDGES : Mathematical Connections in Art, Music, and Science*, p. 47–56, 2005.
- [39] « GameOfLife - WFSCollider ». disponible en ligne : <https://github.com/GameOfLife/WFSCollider-Class-Library>.
- [40] « The Ambisonic Toolkit : tools for the soundfield-kernel composition ». disponible en ligne : <http://www.ambisonictoolkit.net/wiki/tiki-index.php>.
- [41] N. COLLINS, « SCMIR : a SuperCollider music information retrieval library », *International Computer Music Conference*, 2011.
- [42] K. DAHAN, « An associative approach to computer-assisted music compoition », *International Computer Music Conference*, 2005.