

# OUTILS DE SPATIALISATION TEMPS-RÉEL, TACTILES MULTIPOINTS, DESTINÉS À LA COMPOSITION DE MUSIQUES ÉLECTROACOUSTIQUES

*Rudi Giot*  
ISIB - LARAS  
giot@isib.be

*Annette Vande Gorne*  
Musiques & Recherches  
avdg@musiques-recherches.be

*Ludovic Berquin*  
ISIB  
ludovic.berquin@gmail.com

## RÉSUMÉ

Dans le cadre des musiques électroacoustiques, la spatialisation désigne l'action de distribuer, de faire circuler un son ou une musique dans un espace de diffusion. Elle peut être réalisée dans le cadre d'un studio, au moment de la composition et/ou lors de l'interprétation de l'œuvre en concert. Notre recherche consiste en la conception d'un ensemble d'outils qui permettent à un compositeur, la réalisation de figures complexes de spatialisation en temps réel au moment de la composition de l'œuvre, en studio.

Pour garantir une bonne ergonomie, une grande flexibilité et une certaine virtuosité, ces outils sont manipulés à travers une interface tactile multipoint. Nous avons choisi une Lemur[11] pour remplir ce rôle. Elle présente une excellente réactivité, une surface respectable et un retour visuel. Le module de spatialisation, l'Holo-Spat du GMEM[8], tourne au sein de Max/MSP[12]. Ce dernier gère également la logique du système pour finalement renvoyer le son dans ProTools TDM[15] qui enregistre le résultat synchronisé avec ce qui a déjà été composé.

Les trois modules développés permettent trois modalités de spatialisations, nous les avons baptisés : le "Fondu Enchaîné", le "Suiveur d'enveloppe" et la "Spirale". Dans une démarche concrète, tous les paramètres des différentes interfaces sont contrôlables tactilement en temps réel.

## 1. INTRODUCTION

"La spatialisation de la musique est aussi fondamentale au moment de l'écriture que la construction générale de l'œuvre, que l'harmonie ou que le rythme"

- Karlheinz Stockhausen[20]

La composition de musiques électroacoustiques sur support, dites acousmatiques[3], par son choix délibéré du "rien à voir" est par excellence le laboratoire de recherche sur l'espace comme élément musical. L'espace n'est plus surajouté au son, il en est une composante intégrale. Les techniques actuelles (réverbération à convolution, dispersion granulaire, pistes multipistes, etc.) convergent vers une écriture spatiale qui applique à chaque être sonore sa vie propre, indépendante des autres, tout en l'intégrant dans la multiplicité globalisée du monde dans lequel il évolue. Comme tout élément musical, l'espace du son re-

vêt le niveau de fonction musicale que le compositeur veut lui accorder.

Quatre catégories d'espace se dégagent de cette pratique particulière de l'interprétation et de la connaissance du répertoire acousmatique : l'espace ambiophonique plonge l'auditeur dans un "bain" sonore, l'espace source au contraire localise les sons, l'espace géométrie structure une œuvre en plans et volumes. Ces trois catégories concernent le plus souvent des pièces multiphoniques. La quatrième, l'espace illusion fait l'objet des œuvres en format stéréophonique. Il crée l'illusion de la profondeur de champ sur l'écran de deux haut-parleurs. Notre travail se polarise essentiellement autour de l'espace source et de l'espace géométrie.

## 2. DÉMARCHES

### 2.1. Côté développeur

Les musiciens avec leurs préoccupations esthétiques ne se soucient souvent pas des contraintes techniques.

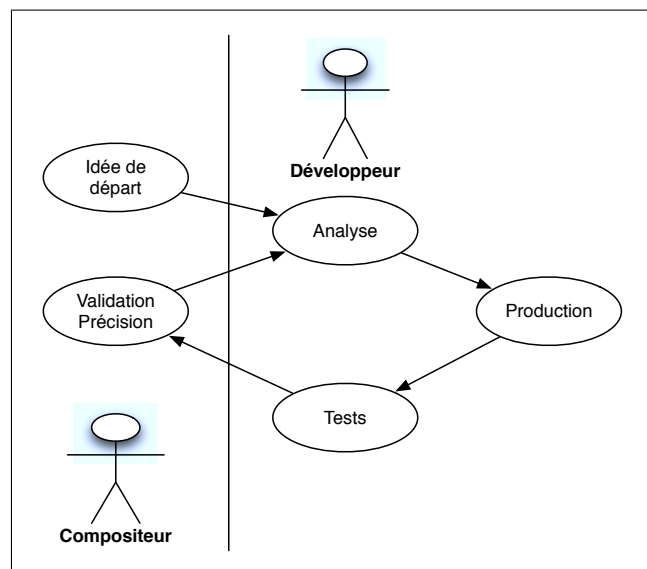


Figure 1. Processus itératif, incrémental à prototypes.

Le travail du développeur d'applications destinées aux artistes doit, de ce fait, être à la fois créatif, ouvert et en

adéquation avec les besoins rarement clairement formalisés des compositeurs.

Nous avons donc choisi de travailler selon un processus, basé sur la méthode Agile[1], itératif, incrémental, adaptatif à prototypes (Figure 1). Cette méthode de travail implique très fort le client et permet une grande réactivité à ses requêtes.

Le demandeur commence par ébaucher son besoin, à partir de quoi le développeur analyse techniquement le problème, formalise une proposition et produit un premier prototype qui sera d'abord testé et ensuite utilisé par le compositeur qui peut alors re-préciser son besoin, demander l'ajout de fonctionnalités, abandonner certaines idées. A chaque itération nous allons donc redéfinir, clarifier les spécifications pour que le résultat final converge vers la satisfaction réelle du besoin des utilisateurs tout en garantissant une utilisation adaptée à leur pratique.

Dans cette démarche beaucoup d'incrémentes seront abandonnés mais ils auront toujours servi à encourager, favoriser le dialogue entre le compositeur et le développeur, augmentant ainsi les chances de réussite du projet.

## 2.2. Côté compositeur

Ce projet s'inscrit dans une démarche concrète. Chaque outil est destiné à être utilisé dans la phase de composition de l'œuvre, en temps réel. C'est à dire que le compositeur doit pouvoir agir sur tous les paramètres de la spatialisation des sons qu'il est en train de mixer aux autres pistes déjà présentes dans son logiciel audio.

## 3. TECHNOLOGIE

Au niveau technologique, le projet nécessite plusieurs éléments : un écran tactile multipoint très réactif, un module de spatialisation et un logiciel audio multipiste.

Au moment de la réalisation du projet, la seule surface tactile multipoint d'une taille acceptable (possibilité d'y jouer en utilisant ses dix doigts) ayant une réactivité suffisante était la Lemur. A l'heure actuelle, avec l'arrivée sur le marché de nombreuses nouvelles tablettes, ce choix pourrait être remis en cause mais nous pensons que la Lemur garde quelques avantages sur les tablettes concurrentes : sa robustesse, sa fiabilité, sa compacité, la taille de son écran, la diversité et l'originalité des objets logiciels que l'on peut mettre en œuvre. Son inconvénient majeur réside dans le fait qu'on ne peut pas ajouter de nouveaux objets personnels, ni y programmer, nativement, une logique complexe. Cette logique de fonctionnement de l'application va donc être prise en charge par Max/MSP. Là aussi, nous aurions pu nous orienter vers un autre logiciel mais l'instrument de spatialisation choisi, l'Holo-Spat issu de l'Holophon, développé par le GEM, fonctionne dans cet environnement. Il est donc logique pour ne pas multiplier les couches logicielles de s'en tenir à un minimum d'applications.

Le protocole de communication entre la Lemur et Max/MSP est l'OSC[14] sur UDP/IP sur Ethernet[16].

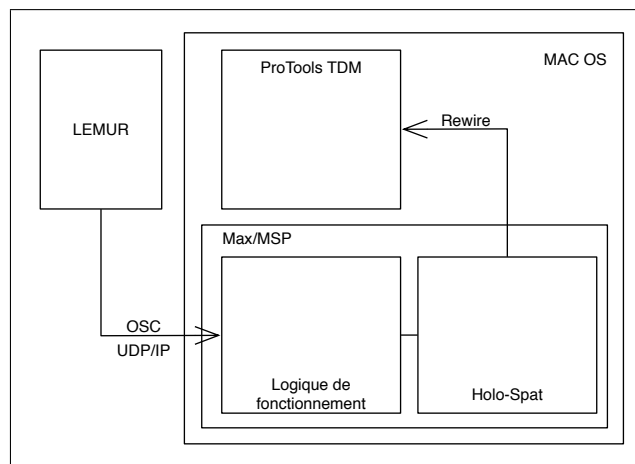


Figure 2. Fonctionnement global du système.

Pour terminer, le flux sonore transite de Max/MSP vers ProTools TDM via Rewire[18].

## 4. LES OUTILS

### 4.1. Introduction

#### 4.1.1. Hiérarchie

Les outils développés selon leur vocation peuvent être regroupés en trois modalités : Le fondu enchaîné, le suiveur d'enveloppe et la spirale. Ces trois catégories utilisent quatre interfaces communes : le contrôleur maître, les accentuations, le moniteur et la cycloïde. Chaque catégorie possède une ou deux interfaces spécifiques (Figure3).

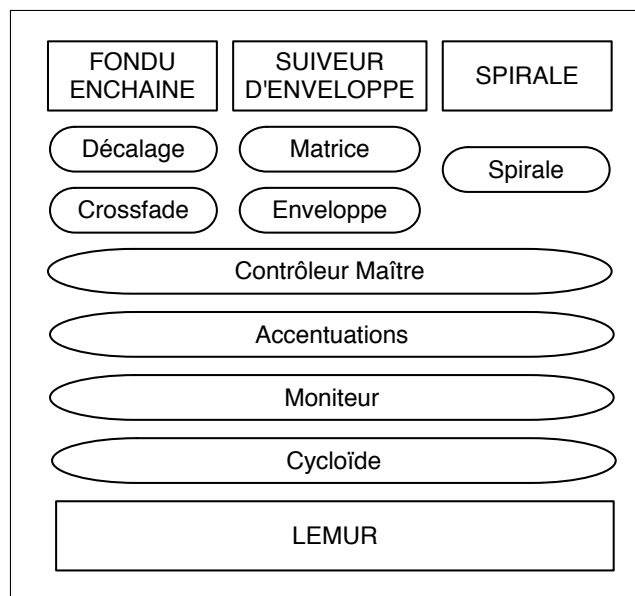


Figure 3. Représentation synthétique des trois modalités et des outils associés.

#### 4.1.2. Configuration

La configuration spatiale choisie pour le développement est la "couronne octophonique". C'est d'une part une contrainte du studio de "Musiques & Recherches" et d'autre part une disposition relativement habituelle dans les compositions acousmatiques. D'autre part, l'Holo-Spat permet aisément, dans ses limites, un changement de configuration si nos outils devaient être utilisés dans un autre cadre.

### 4.2. Interfaces communes

#### 4.2.1. Le contrôleur maître

Il permet un contrôle tactile du spatialisateur Holo-Spat. On peut accéder rapidement et intuitivement au volume général, au volume propre de chacun des sons, à la quantité de réverbération, aux "Mute", à l'activation de la lecture en boucle, à l'effet doppler, etc. Il est intéressant de noter que les deux curseurs qui gèrent la réverbération et les "dimensions de la pièce" peuvent être contrôlés par un modèle physique. C'est à dire que l'on peut régler la "friction" de ces curseurs. On peut donc les faire osciller plus ou moins fort ou au contraire les faire agir comme des potentiomètres classiques suivant l'unique position des doigts.

#### 4.2.2. Les accentuations

Dans cette interface, on peut créer des variations brusques et aléatoires de volume sur un ou plusieurs sons. Les "explosions sonores" accentuent ainsi certains passages des sons sur lesquels ces effets sont appliqués et leurs insufflent ainsi une existence, une vie interne. Les paramètres de cette interface sont :

- Le temps de montée du volume
- Le temps de descente du volume
- Le volume minimal ou offset
- Le temps durant lequel cette variation a lieu

L'utilisateur a également la possibilité d'enregistrer ses réglages dans neuf mémoires appelables à tout moment.

#### 4.2.3. Le moniteur

Cette interface permet de visualiser la position des sons dans le « spatialisateur » mais également d'agir sur leur position en reprenant la main, tactilement. Il est alors possible en posant son doigt sur un point, correspondant à un son, et en temps réel, d'agir sur sa position et son mouvement. Ce mouvement peut être enrichi en réglant les paramètres de friction et d'attraction qui vont simuler un comportement parfaitement élastique et donc transformer les sons en boules de billard virtuelles.

On a aussi prévu pour certaines actions d'agir sur tous les sons en même temps. Nous pouvons, par exemple, figer les mouvements avec une seule touche et les relancer en même temps, de la même manière. Cette fonction permet de créer des "breaks", des effets de surprise.

#### 4.2.4. La cycloïde

L'interface est constituée de deux objets principaux appelés la boule et le centre. La boule contient un ensemble de sons sélectionnés. La proportion (volume) de chacun des sons à l'intérieur de la boule peut être mixée en temps réel. La boule est liée au centre par un élastique virtuel. Le centre peut lui-même évoluer suivant un mouvement contrôlé tactilement ou automatisé ou même lancé chaotiquement. Les mouvements complexes ainsi produits sont quasiment irréalisables autrement. On peut en effet réaliser des cardioïdes, cycloïdes, épicycloïdes, etc.

### 4.3. Les interfaces spécifiques

#### 4.3.1. Le fondu enchaîné

Le but des deux interfaces du "fondu enchaîné" est de permettre l'apparition d'un son au moment de la disparition d'un autre son lui transmettant au passage son mouvement en un point donné de l'espace. L'impression qui en résulte est celle de la transformation d'un son au milieu de sa trajectoire (Figure 4).

La position de départ et d'arrivée des sons, la position et la taille de la zone de variation sont réglables par l'utilisateur, de même que le type de variation de volume. Tous ces paramètres peuvent être automatisés ou joués tactilement en temps réel.

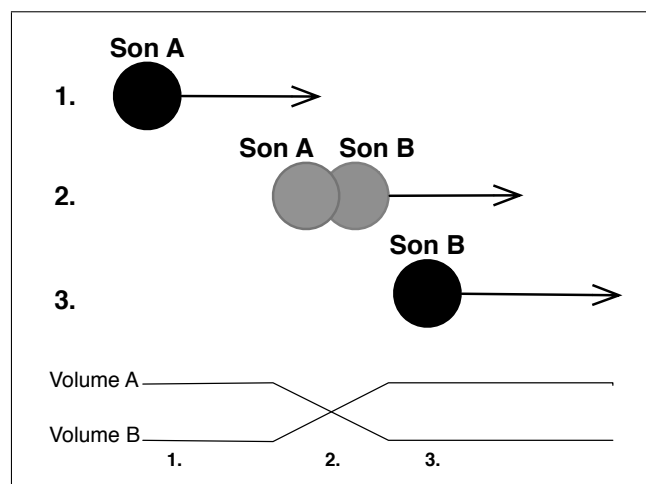


Figure 4. Illustration du fondu enchaîné.

#### 4.3.2. Le suiveur d'enveloppe

Le suiveur d'enveloppe est probablement l'outil le plus original et celui qui donne les résultats les plus intéressants. Ce système calcule en permanence l'enveloppe d'un son et applique le résultat de la mesure au contrôle de la spatialisation d'un autre son, d'un ensemble d'autres sons ou de lui-même. Nous réalisons donc une forme d'intermodulation spatiale.

Chaque son a donc son propre suiveur d'enveloppe qui peut agir sur la position spatiale d'un ou plusieurs autres sons. Ces interactions sont définies à travers une matrice

d'affectation. D'autres paramètres permettent de définir le type de mouvement (translation, rotation) et l'amplitude maximale.

#### 4.3.3. La spirale

Cette interface permet d'appliquer un mouvement de type spiroïdal à chaque son. Les mouvements peuvent être différents d'un son à l'autre ou interdépendants. Les paramètres qui contrôlent les spirales sont :

- Le temps de révolution
- La variation du rayon lors d'une révolution
- Le sens de révolution
- La distance par rapport au centre au démarrage
- La proportion dans laquelle ce rayon doit varier

Et comme pour toutes les autres interfaces, les valeurs de ces paramètres sont modifiables en temps réel.

## 5. CONCLUSIONS

Les outils développés ont été utilisés et validés par plusieurs compositeurs tels que Annette Vande Gorne et Robert Normandeau. Nos interfaces ont été également complétées par Hans Tutschku.

Les outils proposés sont tous très intuitifs et permettent à travers le moniteur un retour visuel de la position des sons spatialisés et une action en temps réel sur tous les paramètres. Dans la démarche concrète des compositeurs d'acousmatique cette opportunité est vraiment remarquable.

Comme la Lemur n'est plus commercialisée, que les tablettes numériques et les surfaces tactiles multipoints de grand format se démocratisent, il est impératif d'adapter le système existant aux nouveaux dispositifs. Le passage au protocole TUIO [22] paraît être une voie intéressante dans la mesure où il est multiplateforme, ouvert et évolutif.

Nous pouvons également proposer des alternatives à l'Holo-Spat qui ouvrent la porte à des configurations spatiales plus complexes des haut-parleurs ou personnalisées à des studios particuliers.

Nous travaillons aussi sur un système d'aide à la spatiation en concert. Mais ceci fait l'objet d'une recherche parallèle car le "direct" et les différents types d'acousmoniums [4] imposent d'autres contraintes et donc d'autres techniques.

## 6. REFERENCES

- [1] Agile Alliance, <http://www.agilealliance.org>, 2011.
- [2] Baalman M. , "Spatial composition techniques and sound spatialisation technologies", *Organised Sound*, 15(3) : 207-218, Cambridge University Press, 2010.
- [3] Bayle F. , "La musique acousmatique ou l'art des sons projetés", *Encyclopedia Universalis*, 1984. Révision dans : Bayle François, *Musique Acousmatique, propositions... .positions*, 47-68, Paris, Editions Buchet/Chastel – INA, 1993.
- [4] Bayle F. , "Pour une musique invisible : un acousmonium", *Festival International du Son Haute Fidélité Stéréophonique*, 125-134, 1975. Révision dans : Bayle F. , *Musique Acousmatique, propositions... .positions*, Paris, Editions Buchet/Chastel – INA, 1993.
- [5] Bosi M. , "An Interactive Real-Time System for the Control of Sound Localisation", *Proceedings ICMC 1990*, 112-114, 1990.
- [6] Chagas P. , "Composition in circular sound space : Migration 12-channel electronic music (1995-97)", *Organised Sound*, 13(3) : 189-198, Cambridge University Press, 2008.
- [7] Gaudel M.-C. , *Précis de génie logiciel*, Dunod, 1996.
- [8] Holophon (GMEM), <http://www.gmem.org>, 2008.
- [9] Jullien J.-P. et Warusfel O. , "Technologies et perception auditive de l'espace", *Espaces*, Les cahiers de l'IRCAM, Paris, 1994.
- [10] Kendall G. , "Spatial Perception and cognition in multichannel audio for electroacoustic music", *Organised Sound* , 15(3) : 228-238, Cambridge University Press, 2010.
- [11] Lemur (Jazzmutant), <http://www.jazzmutant.com>, 2010.
- [12] Max/MSP (Cycling74), <http://www.cycling74.com>, 2011.
- [13] Normandeau R. , "Timbre Spatialisation : The medium is the space", *Organised Sound* , 14(3) : 277-285, Cambridge University Press, 2009.
- [14] OSC (Open Sound Control), <http://opensoundcontrol.org>, 2011.
- [15] ProTools (AVID), <http://www.avid.com>, 2011.
- [16] Pujolle G. , *Les Réseaux* , Eyrolles, 2008.
- [17] Ramakrishnan C. , "Zirkonium : Non-invasive software for sound spatialisation", *Organised Sound* , 14(3) : 268-276, Cambridge University Press, 2009.
- [18] Rewire (Propellerheads), <http://www.propellerheads.se>, 2010.
- [19] Schumacher M. and Bresson J. , "Spatial Sound Synthesis in computer-Aided Composition", *Organised Sound* , 15(3) : 271-289, Cambridge University Press, 2010.
- [20] Stockhausen K., Interview pour le *Nouvel Observateur*, France.
- [21] Tarasti E. , "L'espace dans le discours musical", *Espaces*, Les cahiers de l'IRCAM, Paris, 1994.
- [22] TUIO, A Protocol for Table Based Tangible User Interfaces, <http://www.tuio.org>, 2010.
- [23] Vande Gorne A. , "L'espace comme cinquième paramètre musical", *L'espace du son*, Ohain, Belgique, 2010.
- [24] Wilson S. and Harrison J. , "Rethinking the BEAST : Recent developments in multichannel composition ElectroAcoustic Sound Theatre", *Organised Sound*, 15(3) : 239-250, Cambridge University Press, 2010.