

Contrôle symbolique de la synthèse en composition assistée par ordinateur¹

1. Introduction

Les systèmes d'aide à la composition sont conçus en vue de pouvoir utiliser les ordinateurs afin de formaliser et expérimenter des idées musicales, de créer et manipuler ces structures musicales par des techniques de programmation. Le progrès de la recherche en musique informatique concernant la synthèse sonore a étendu les possibilités de génération du son, permettant ainsi aux compositeurs, suivant en cela les travaux novateurs de K. Stockhausen et I. Xenakis, de dépasser la musique instrumentale dans la composition proprement dite du son. Toutefois, les logiciels de synthèse, en dépit de leur nombre, restent difficiles à contrôler sans compétences techniques importantes. Nous essayons, dans cet article, de proposer des solutions pour intégrer la synthèse des sons dans les systèmes de composition, pour permettre une expressivité musicale réelle à travers les technologies de synthèse.

'OpenMusic'^A est un langage de programmation graphique dédié à la composition musicale. À la suite d'articles antérieurs précisant l'implémentation dans *OpenMusic* de structures de haut niveau pour les données de contrôle de synthèse^B, nous présentons ci-dessous quelques outils pour la représentation des données et des processus de synthèse, et comment lier les concepts de composition avec la synthèse des sons dans cet environnement.

Après une présentation générale du problème, nous mettrons en avant notre approche de la représentation des modèles de son avec quelques exemples en *OpenMusic*.

2. Synthèse des sons et composition assistée par ordinateur

Bien que les systèmes d'aide à la composition soient en général utilisés pour écrire de la musique instrumentale en manipulant des structures symboliques (hauteurs, accords, rythmes, etc.), leur paradigme fonctionnel peut être conceptuellement appliqué au domaine de la composition du son. Toutefois, le contrôle des sons de synthèse pose aux systèmes d'aide à la composition des problèmes spécifiques.

^A [Agon, 1998].

^B [Agon, Stroppa & Assayag, 2000] et [Bresson & Agon, 2004].

2.1 Nouveaux problèmes de représentation

La première spécificité, évidente, de la synthèse du son dans un environnement d'aide à la composition est le grand nombre de données devant être manipulé numériquement. Cependant, un autre aspect spécifique réside dans la nature de ces données, en général constituées de fonctions de contrôle ou autre forme d'échantillons temporels, pour lesquels les éléments de base peuvent ne pas avoir de signification à l'extérieur de leur contexte, au contraire des objets symboliques des systèmes d'aide à la composition. Nous les appellerons données sous-symboliques.

En écrivant une partition instrumentale, la réalité physique n'est pas entièrement spécifiée ; elle est juste mentionnée jusqu'à un certain point. Lorsque l'on synthétise un son, en revanche, celui-ci doit être entièrement spécifié. En raison du nombre de paramètres, potentiellement important mais qui doit être réduit autant que possible, le problème de la spécification et de la notation est en conséquence plus complexe. Afin de permettre un calcul informatique plus rapide et des interactions avec l'utilisateur plus simples, on pourrait être tenté d'amoindrir le nombre de paramètres qui peuvent être contrôlés librement et de fixer les autres, mais il est important de laisser ce choix à l'utilisateur et de lui offrir les moyens de l'effectuer [en toute conscience]. De surcroît, la pertinence d'une évaluation subjective de ces paramètres est un problème encore non résolu. Le système ne peut donc décider automatiquement comment interpréter les données tout en gardant une correspondance entre les champs sonique et musical, mais il doit autoriser l'utilisateur à le faire.

Malgré des systèmes potentiellement puissants, les premiers essais de contrôle musical de la synthèse ne furent pas beaucoup utilisés par les compositeurs, probablement en raison de leur interface de bas niveau, souvent alphanumériques. Une représentation des données nécessaires à la synthèse qui soit signifiante, musicale, et avant tout subjective semble s'imposer. Quelques études s'intéressent à la relation entre les perceptions visuelle et perceptive des paramètres de synthèse^A mais, soit elles sont difficiles à appliquer dans un environnement de synthèse donné, soit elles demandent d'importantes restrictions.

2.2 Une conception particulière du temps

L'une des caractéristiques les plus innovantes de la synthèse des sons, d'un point de vue à la fois musical et technologique, est la possibilité de relier les aspects tant microscopiques que macroscopiques de la composition musicale (i.e. la création d'une structure interne des sons et de la composition utilisant ces sons). L'on se doit donc bien d'assumer la nécessité d'une échelle variable de granularités temporelle et logiques.

^A [Wessel, 1979] et [Giannakis & Smith, 2000].

3. Les modèles de synthèse : une représentation signifiante des objets sonores et des processus

3.1 Modèles pour la composition

Lorsqu'un compositeur utilise des ordinateurs, une part importante de sa tâche consiste à formaliser ses idées. Une approche intéressante de cette formalisation de la composition est décrite par M. Malt^A : un *modèle de composition* est une représentation conceptuelle qui crée un lien entre un concept musical abstrait et le monde concret. Un environnement d'aide à la composition doit ainsi être un lieu où les compositeurs développent et manipulent des modèles, en expérimentant des données et des processus. Ces modèles doivent être connectés entre eux, interagir, être intégrés dans d'autres modèles, comme le sont les concepts musicaux correspondants dans l'esprit du compositeur.

3.2 Modèles de synthèse

Dans le domaine de la synthèse, il est usuel de différencier plusieurs familles de *modèles*, correspondant aux différentes méthodes de création du son (modèles physiques, modèles abstraits, traitement du signal, etc.). Toutefois, la tendance à assimiler le modèle à la technique de synthèse n'est pas suffisante pour définir des modèles de composition réels. Une telle définition se doit aussi de refléter une intention musicale, c'est-à-dire d'identifier parmi l'infinité des sons possibles un groupe déterminé. Ce qui définit réellement un modèle serait peut-être le choix des paramètres variant ou constant, des degrés de liberté, de la division de l'algorithme en parties déterministes ou non-déterministes. Dans cette perspective, le choix d'un synthétiseur peut n'être qu'un paramètre variable dans un modèle du son fondé sur les données.

Un modèle de son représente en conséquence un potentiel sonore, un espace multidimensionnel qu'un compositeur peut expérimenter et manipuler pour explorer une classe de sons déterminés par ce modèle. Le son résultant est une réalisation, une instance de ce potentiel sonore. Il sera plus ou moins musical et vivant selon la richesse du modèle.

3.3 Représentation du son

Selon la perspective adoptée plus haut, un objet de composition correspondant à un son physique ne peut plus être simplement un fichier-son ou une mémoire-tampon comprenant des données de 'forme d'onde', mais plutôt un ensemble de données allié à des processus produisant un résultat sonore, consistant avec tous les objets possibles contenus dans le

^A [Malt, 2003].

modèle. La représentation externe de ce modèle lui donne un potentiel musical : cela détermine le domaine des modifications et les possibilités d'expérimentation^A.

Une représentation complète nécessite l'utilisation d'un langage de description symbolique, qui doit comprendre différents niveaux, à savoir :

- la représentation du processus de création sonore qui définit le modèle ;
- la représentation des paramètres et données nécessaires à la synthèse qui forment à eux deux les « entrées » du modèle ;
- la représentation du son réel résultant.

4. Modèles de synthèse dans *OpenMusic*

L'environnement d'*OpenMusic*, basé sur le langage informatique LISP, permet de communiquer avec des synthétiseurs externes en créant des fichiers ou structures de paramètres et en envoyant des commandes à des programmes externes. Les compositeurs sont alors en mesure d'utiliser les possibilités symboliques et informatiques d'*OpenMusic* pour contrôler ces synthétiseurs. Dans cette section, nous présentons des exemples de telles applications.

4.1 Transformation du son avec *SuperVP*

La bibliothèque « OM-AS », écrit pour *OpenMusic* par H. Tutschku, contient un ensemble de fonctions qui crée des fichiers de paramètres pour *SuperVP*^B, un 'vocodeur de phases' dont la production de sons peut être modifiée par des transformations intermédiaires altérant éventuellement la durée, telles que l'étirement (*stretching*) du temps, le changement de hauteurs, le filtrage, etc. Un fichier de paramètres permet de spécifier des fonctions complexes de modification de durées. La nouvelle interface « OM-SuperVP » calcule les fichiers-son selon une image de programme (*patch*) d'*OpenMusic* (Figure 1), telle que le son puisse être créé directement par l'utilisation d'algorithmes sous forme graphique.

^A [Eckel & Gonzalez-Arroyo, 1994].

^B [Depalle & Poirot, 1991].

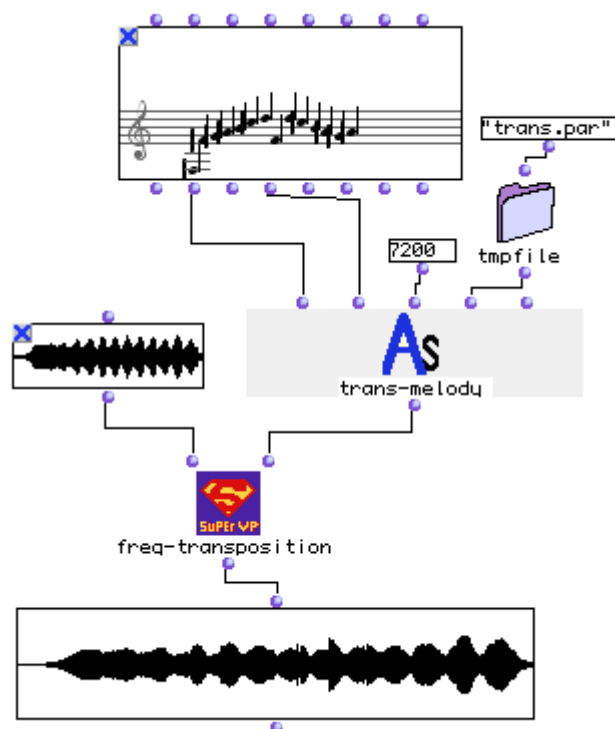


Figure 1 : Synthèse de son par SuperVP dans OpenMusic. Un son est transformé par une modification de fréquences variant le temps calculé à partir d'une mélodie.

4.2 Images de programme pour la synthèse en CSound

La bibliothèque « OM2CSound » a été originellement écrite en *PatchWork*^A par L. Pottier. Elle permet de définir graphiquement des *fichiers de partition CSound*^B. Cette bibliothèque a ensuite été portée sur *OpenMusic* et développée par K. Haddad qui a conçu des « boîtes » (sous-programmes) pour générer des *orchestres CSound*. Une fonction de synthèse en *CSound* peut donc maintenant produire du son par *OpenMusic*. La figure 2 montre un exemple simple d'image de programme pour la synthèse *CSound*.

Cette approche correspond à un modèle génératif fonctionnel pour la description du son, qui permet de produire potentiellement un grand nombre de sons (*CSound* peut être utilisé pour implémenter beaucoup de techniques de synthèse différentes). Elle illustre aussi la puissance d'une implémentation visuelle des processus de synthèse au sein d'un langage graphique. La structure intime du processus devient plus accessible et plus facilement modifiée.

Toutefois, une image de programme ne peut contenir autant d'informations qu'un fichier alphanumérique de partition ou d'orchestre. La production de sons complexes nécessite en

^A [Laurson & Duthen, 1989].

^B [Boulanger, 2000].

conséquence des représentations plus abstractions ou des modèles partiellement définis de façon à limiter le nombre de données et permettre une expérimentation musicale.

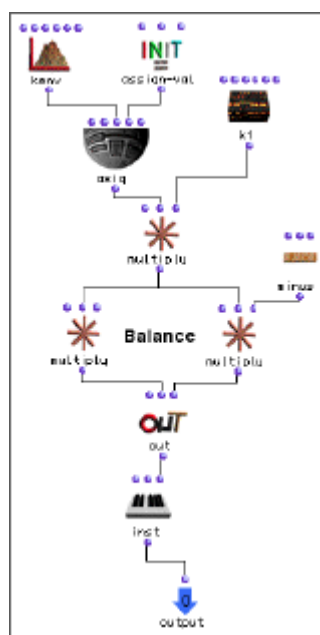
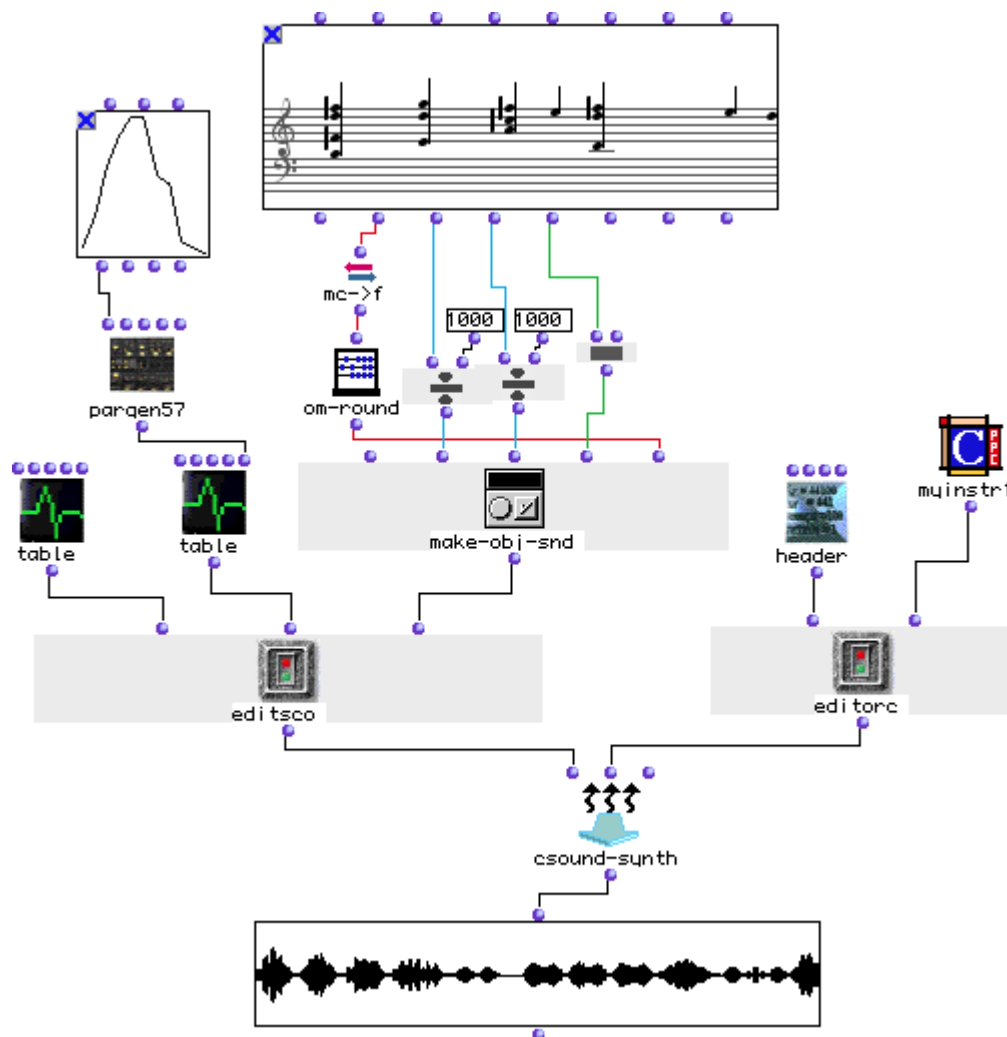


Figure 2 : Une simple image de programme CSound dans OpenMusic. En double-cliquant sur la « boîte » myinstr1, situé tout à droite, on ouvre la définition graphique de l'instrument (encadrée et située en dessous).

4.3 OMChroma : abstractions de haut niveau

Le système *Chroma*^A a été développé par Marco Stroppa pendant son activité musicale. Le concept de « synthétiseur virtuel » permet au compositeur de contrôler la synthèse du son en créant des ensembles de données qui sont traduites et formatées en interne pour les différents synthétiseurs possibles (*CSound*, *Chant*, etc.). *OMChroma*^B est l'implémentation de *Chroma* en *OpenMusic* (voir figure 3).

^A [Stroppa, 2000].

^B [Agon, Stroppa & Assayag, 2000].

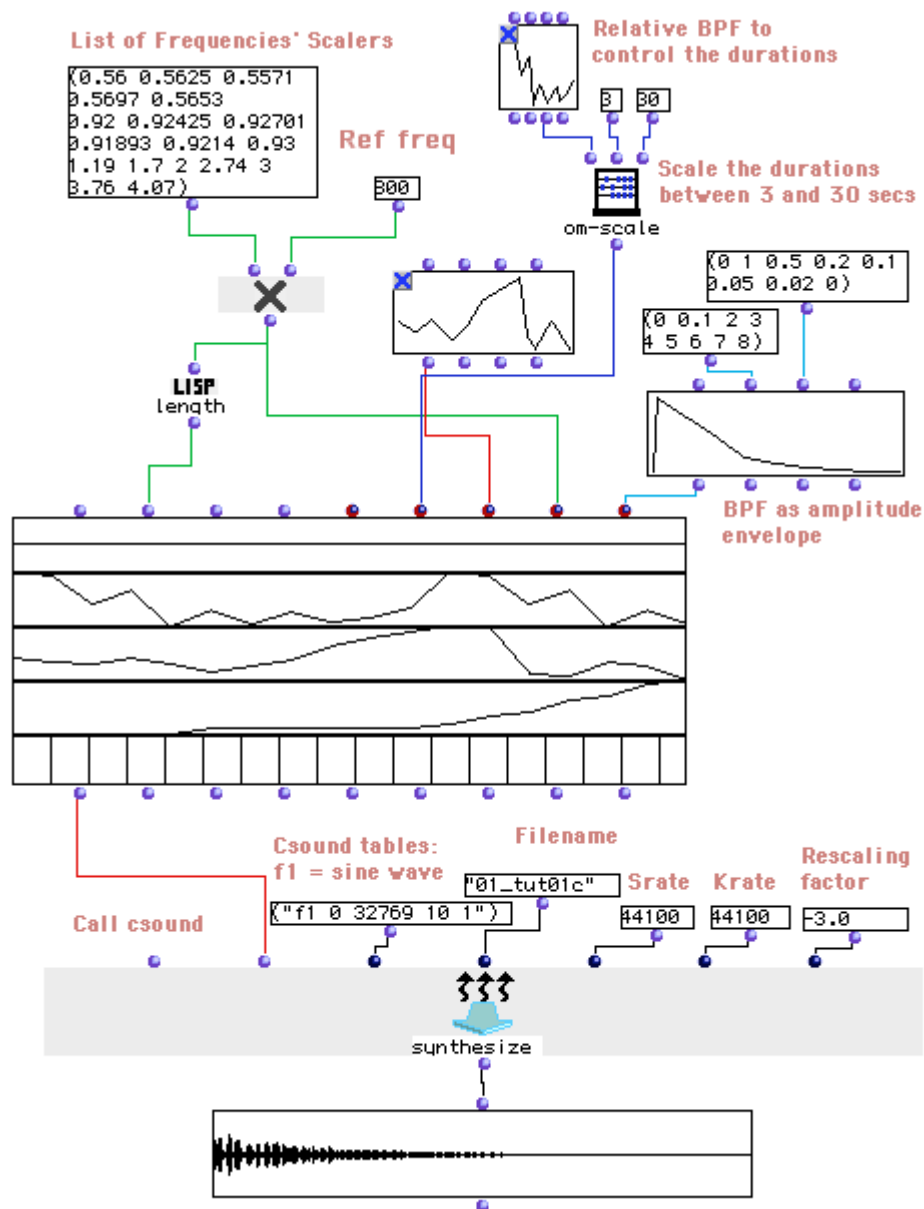


Figure 3 : Synthèse additive de type Csound en OMChroma. La matrice peut être instanciée de différentes façons (fonctions, fonctions point par point (bpf), valeurs numériques, listes) et est ensuite formatée pour le synthétiseur en la fonction générique « *synthesize* ».

Le système fournit différentes classes de matrices prédéterminées qui représentent différents modèles de synthèse et peuvent être divisées en sous-classes et enrichies par l'utilisateur. Le système d'*OpenMusic* est utilisé pour améliorer la modularité et le comportement de ces classes pendant le calcul des composants de la matrice et du processus de synthèse. Ces abstractions de haut niveau reflètent une correspondance : celle entre les classes des objets musicaux et les objets informatiques. Les premières sont fondées sur des propriétés musicales partagées par les éléments de la classe ; les seconds sont conçus sur des traitements des données généralisant celles propres à certaines méthodes de synthèse. De cette façon, le fondement des classes musicales est donc à l'image des objets de synthèse.

La représentation d'un son basé sur l'idée de matrice permet ainsi des possibilités de calcul puissantes, mais son déploiement dans le temps constitue toujours un problème. Dans [Bresson & Agon, 2004], nous avons proposé un modèle de description du son généralisé basée sur un *format commun de description du son*, mais le problème d'une représentation et d'une manipulation signifiante des paramètres de synthèse n'ont pu être que partiellement résolues.

4.4 Extensions à d'autres modèles de synthèse

Comme *OpenMusic* est un véritable langage de programmation, il est possible d'implémenter en son sein n'importe quel type de modèle de synthèse.

Par exemple, la méthode des modèles physiques *Modalys* a été récemment implémentée dans *OpenMusic* par N. Ellis à l'IRCAM.

La communication avec des systèmes extérieurs est aussi possible via OSC. Les paramètres de contrôle peuvent aussi être générés pour tout synthétiseur compatible avec ce protocole de transfert standard.

5. Problèmes temporels

La représentation d'un son basé sur l'idée de matrice permet des possibilités de calcul puissantes, mais son déploiement dans le temps constitue toujours un problème. Dans [Bresson & Agon, 2004], nous avons proposé un modèle de description du son généralisé basée sur un format commun de description du son, mais le problème d'une représentation et d'une manipulation signifiante des paramètres de synthèse n'ont pu être que partiellement résolues.

5.1 Les modèles de synthèse en temps

Le temps, en composition, doit être considéré selon beaucoup de niveaux différents : en tant que temps linéaire, c'est-à-dire pour l'arrangement final du matériau musical pré-calculé, jusqu'à un temps logique et hiérarchisé, comprenant des contraintes temporelles, des structures fondées sur la récursivité, des règles et des contraintes entre les différents objets.

Les exemples présentés dans la section 4 n'ont pas de structures temporelles raffinées. Nous pourrions les considérer comme une façon de générer des objets sonores « hors du temps », ou plutôt selon un unique temps local. Ces objets peuvent être considérés comme des « primitives de composition »^A qui doivent être intégrées dans une structure musicale. La

^A [Honing, 1993].

prochaine étape consiste à incorporer ces primitives dans un contexte temporel afin de déplier les modèles dans le temps.

5.2 Maquettes des modèles de synthèse

Dans *OpenMusic*, une ‘maquette’^A est un objet particulier qui a un double aspect : d’une part, il permet d’ordonnancer des objets Midi ou sonores ; d’autre part il est une image de programme dans laquelle ces objets peuvent être manipulés, connectés et calculés.

Une maquette contient certains « boîtes » qui peuvent représenter différents types d’objets dans un contexte temporel global. De tels objets peuvent être de simples objets musicaux (des sons, notes accords, etc.), des images de programme (fonctions graphiques produisant un résultat « en temps »), ou d’autres maquettes. Des structures hiérarchiques peuvent ainsi être créées, tout aussi bien que des relations complexes, fonctionnelles ou temporelles, entre les « boîtes » de l’image de programme. Les figures de la section 4 peuvent par exemple être intégrées dans cette structure temporelle, qui pourrait comprendre leur logique temporelle locale au sein d’un flot musical général.

Nous avons conçu un exemple avec l’œuvre *Traiettorie... deviata*^B de Marco Stroppa. La partie électronique de cette œuvre a été originellement calculée au Centre de Sonologie Computationnelle de Padoue (Italie) en 1982, avec un ancêtre du système *Chroma*. Une partie de l’électronique a été récemment recréée par le compositeur dans *OpenMusic*. Les composants du son ont été créés avec des images de programme proches de celle de la figure 3. Toutefois, l’organisation temporelle initiale était une structure d’unités de son qui n’a pu être reproduite dans *OMChroma* que par la concaténation algorithmique des matrices, modifiée par le décalage hiérarchique correspondant. En insérant ces images de programme dans des maquettes (voir figures 5 et 6), nous pouvions recréer la structure temporelle et hiérarchique de l’œuvre.

^A [Agon, 1998].

^B [Stroppa, 1984].

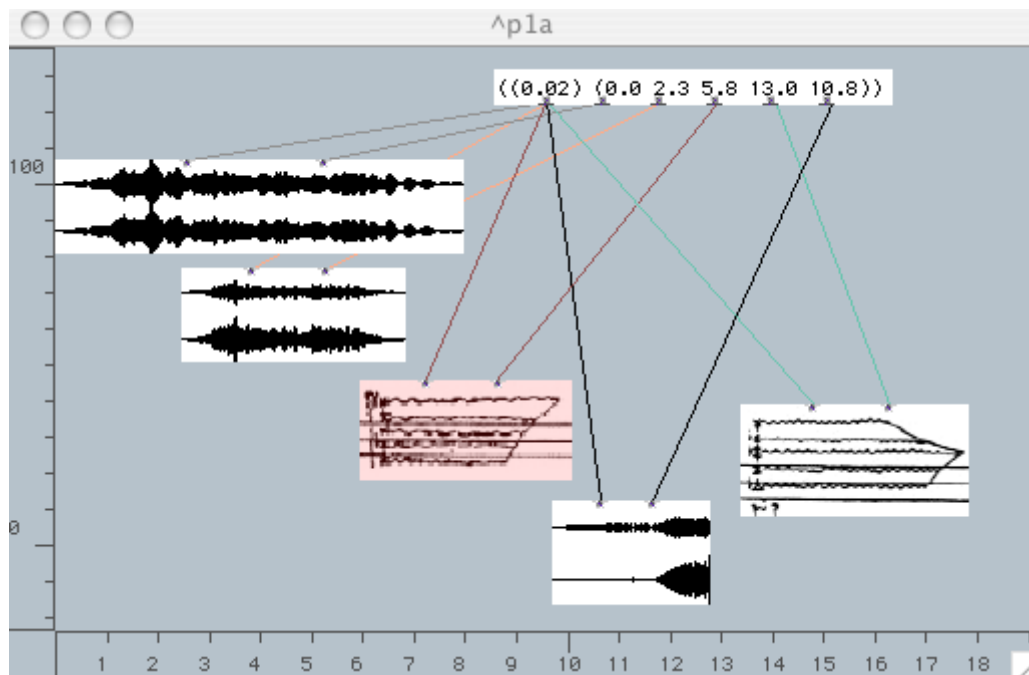


Figure 4 : Images de programme de synthèse sonore dans une maquette. Chaque « boîte » contient une image de programme qui produit un son.

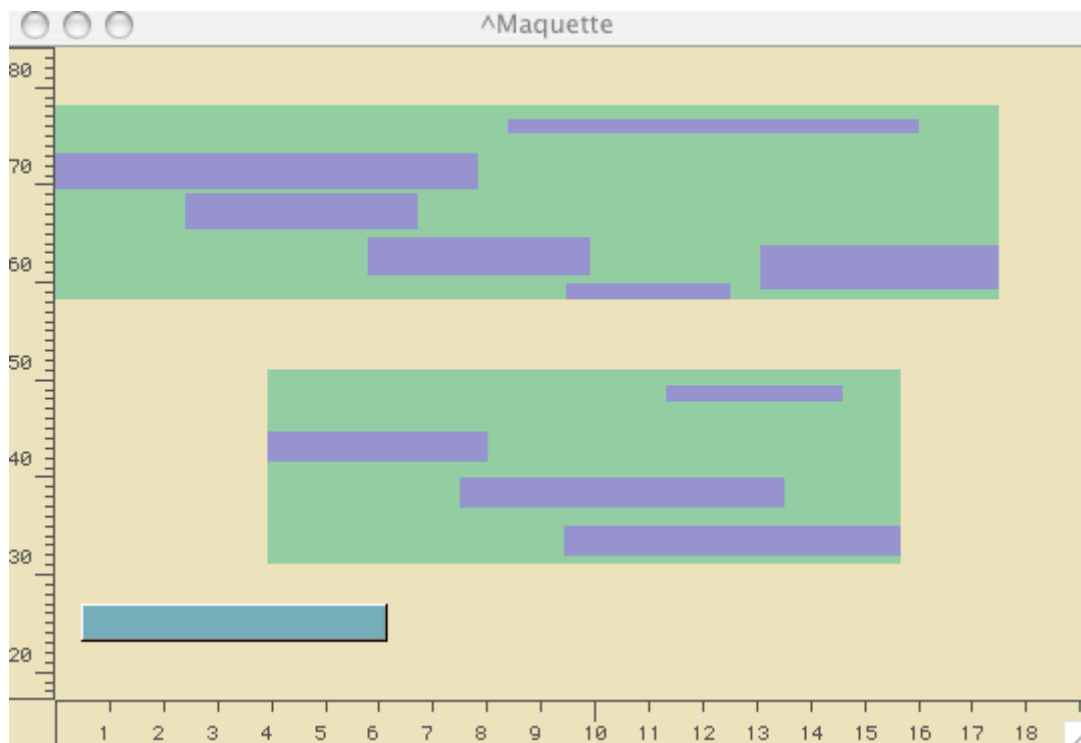


Figure 5 : Structure de haut niveau d'un extrait de Traiettoria... deviata reconstruite dans une maquette. La « boîte » tout en haut est une maquette de la figure 4.

Les composants de la maquette de la figure 4 sont affichés soit comme des sons, soit comme des dessins faits à la main ressemblant à la partition imprimée originale. Les « boîtes » de son sont calculées avec les données qui proviennent de la « boîte » la plus haute. Ouvrir

chacune de ces « boîtes » permet de voir leur contenu aussi bien comme des sons que des images de programmes de synthèse.

6. Conclusion

Dans cette discussion autour du contrôle symbolique de la synthèse, nous avons montré quelques-unes des caractéristiques principales requises pour un tel environnement : une représentation expressive, personnalisée, et interactive des objets de synthèse sonore, et les moyens d'implémenter des modèles qui prennent en considération l'organisation temporelle et les règles propres à l'utilisateur selon différents niveaux de structuration.

Nous pensons que l'association de programmes visuels avec les propriétés d'une maquette pourrait permettre d'intégrer les couches successives d'une composition électronique. La représentation sonore et l'organisation temporelle permettent une interprétation plus facile des pensées du compositeur, tout aussi bien que la possibilité d'une expérimentation sur la pièce musicale elle-même.

Ce système graphique et interactif pourrait aussi être une façon de documenter, transmettre, analyser et étudier une pensée de composition, à travers la formalisation et la représentation des modèles. Cela pourrait en conséquence mener au développement d'une connaissance commune sur la synthèse sonore pour la composition musicale.

7. Références

- [Agon, 1998] : C. Agon, *OpenMusic : Un Langage Visuel pour la Composition Assistée par Ordinateur*, Thèse de l'Université Paris VI, 1998.
- [Agon, Stroppa & Assayag 2000] : C. Agon, M. Stroppa, G. Assayag « High Level Musical Control of Sound Synthesis in OpenMusic », *Proc. ICMC*, Berlin, 2000.
- [Bresson & Agon, 2004] : J. Bresson, C. Agon « SDIF Sound Description Data Representation and Manipulation in Computer Assisted Composition », *Proc. ICMC*, Miami, 2004.
- [Boulanger, 2000] : R. Boulanger (ed.), *The Csound Book*, MIT Press, 2000.
- [Depalle & Poiriot, 1991] : Ph. Depalle, G. Poiriot « A Modular System for Analysis, Processing and Synthesis of Sound Signals », *Proc. ICMC*, Montreal, Canada, 1991.
- [Eckel & Gonzalez-Arroyo, 1994] : G. Eckel, R. Gonzalez-Arroyo « Musically Salient Control Abstractions for Sound Synthesis », *Proc. ICMC*, Aarhus, Denmark, 1994.
- [Giannakis & Smith, 2000] : K. Giannakis, M. Smith « Auditory-Visual Associations for Music Compositional Processes: a Survey », *Proc. ICMC*, Berlin, 2000.

- [Honing, 1993] : H. Honing, « Issues in the Representation of Time and Structure in Music », *Contemporary Music Review*, 9, 1993.
- [Laurson & Duthen, 1989] : M. Laurson, J. Duthen « Patchwork, a Graphic Language in PreForm », *Proc. ICMC*, Ohio State University, USA, 1989.
- [Malt, 2003] : M. Malt « Concepts et modèles, de l'imaginaire à l'écriture dans la composition assistée par ordinateur », *Actes du séminaire Musique, instruments, machines*, 2003.
- [Stroppa, 1984] : M. Stroppa. *Traiettoria* (1982-84), un cycle de trois pièces (*Traiettoria... deviata, Dialoghi, Contrasti*) pour piano and sons générés par ordinateur. Enregistrement chez Wergo : WER 2030-2, 1992.
- [Stroppa, 2000] : M. Stroppa « Paradigms for the High-level Musical Control of Digital Signal Processing », *Proc. DAFX*, Verona, 2000.
- [Wessel, 1979] : D. L. Wessel « Timbre Space as a Musical Control Structure », *Computer Music Journal* Vol. 3(2), 1979.

ABSTRACT

This paper presents current works and future directions concerning the control of sound synthesis in OpenMusic. We will particularly focus on the concept of synthesis models for composition, and on the representation of sound synthesis objects.

¹ Écrit avec Jean Bresson et Carlos Agon.