DE BOXES À ISCORE : VERS UNE ECRITURE DE L'INTERACTION

Antoine Allombert
LaBRI/IRCAM
allomber@labri.fr

Myriam Desainte-Catherine
LaBRI
myriam@labri.fr

Gérard Assayag
IRCAM
assayag@ircam.fr

ABSTRACT

Nous présentons dans cet article les développements actuels des travaux de recherche menés au SCRIME (Studio de Création et de Recherche en Informatique et Musique Électro-acoustique) visant à aboutir à un système de partitions interactives pour la composition et l'interprétation basé sur des contraintes temporelles. Ces travaux effectués en collaboration avec l'Ircam font suite à ceux d'Anthony Beurivé et visent à créer une descendance au logiciel *Boxes*. L'implémentation actuelle de cet outil est double, d'une part elle prend la forme d'une extension des *Maquettes* d'*OpenMusic*, mais également d'une version indépendante qui reste cependant incomplète. La poursuite de ces travaux est associée au projet Virage dont l'objectif est la création d'un outil interactif pour la régie numérique de spectacles vivants.

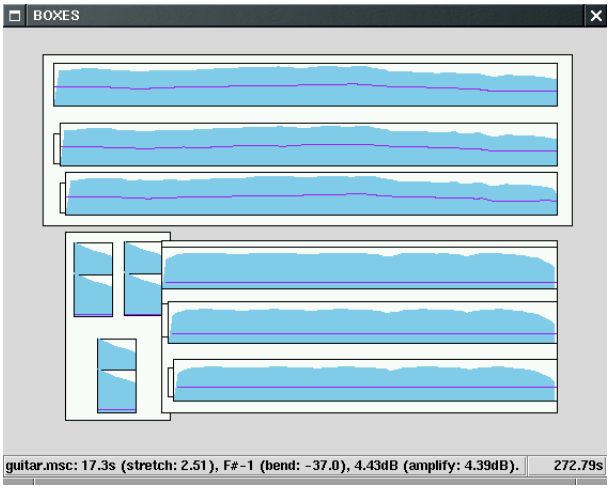


Figure 1. Un exemple de partition *Boxes*

1. INTRODUCTION

Le logiciel *Boxes* initialement développé au SCRIME par Anthony Beurivé et dont on peut trouver une description dans [3] est une tentative d'approche originale d'un environnement de composition assistée par ordinateur en mêlant modèle spectral, structures hiérarchiques et contraintes. Dans sa forme, il est assez proche du système des *Maquettes* d'*OpenMusic* [2] en ce sens qu'il représente les sons composant la partition sous forme de "boites" (d'où son nom) positionnées sur une "feuille blanche" représentée par la fenêtre d'édition. La figure 1 présente un exemple de partition *Boxes*. Dans cet environnement, le temps évolue en abscisse, de gauche à droite ; l'axe des ordonnées n'a pas de signification particulière, il n'est pas organisé pas pistes.

Comme on peut l'observer sur la figure 1, un des fondements de *Boxes* est de s'appuyer sur un modèle hiérarchique. Le compositeur a ainsi la possibilité de définir des structures de niveaux différents et de les inclure les unes dans les autres. Il peut ainsi regrouper des sons dans des structures telles que des accords ou des lignes mélodiques par exemple, une boite contenant d'autres boites pouvant être elle-même incluse dans une boite de plus haut niveau. Les seules restrictions de cette représentation hiérarchique étant qu'une boite ne peut être incluse dans elle-même ni dans un de ses composants. En outre, une boite pouvant être incluse dans plusieurs boites de plus haut niveau, on obtient au final une structure de graphe orienté acycliqe.

Boxes s'appuie également sur un système de contraintes en s'inspirant de l'utilisation qu'en fait le logiciel *MusicSpace* [7] pour la spatialisation de sources sonores. Ainsi, le compositeur peut contraindre l'agencement des boites au moyen de relations binaires dites de "Allen" présentées sur la figure 2. Celles-ci permettent donc au compositeur de définir une cohérence temporelle pour sa pièce qui sera maintenue tout au long du processus de composition. Ainsi après introduction de contraintes dans la partition, lors du déplacement ou du changement de la taille d'une boite par l'utilisateur, le système se charge de réajuster la position ou la taille des autres boites si besoin est pour maintenir la validité des contraintes posées par le compositeur. Il est important de noter que le système infère également des contraintes implicites qui sont :

- la fin d'une boite doit toujours se produire après son début
- une relation *during* entre une boite hiérarchique et chacune des boites qui la composent

Pour calculer les nouvelles valeurs des positions et durées des boites après une modification de l'utilisateur, *Boxes* utilise la bibliothèque Cassowary implémentant l'algorithme du simplexe pour minimiser une fonction objective prenant en compte d'une part les contraintes de Allen, les contraintes implicites et des contraintes de comportement pour orienter le calcul et éviter d'obtenir des nouvelles valeurs trop éloignées des valeurs d'origine. Par ce mécanisme, le compositeur peut définir dans un premier temps la cohérence temporelle de sa pièce avant d'affiner la position

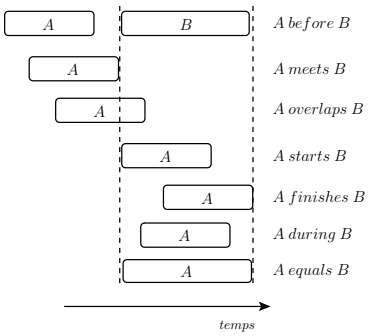


Figure 2. Les relations de Allen

de chacune des boites tout en étant assuré que ses modifications ne remettrons pas en cause l'organisation globale qu'il a définie.

Enfin, pour synthétiser les sons, *Boxes* utilise un modèle spectral SAS [5]. Ce type de modèle permet certaines transformations des sons, notamment l'étirement sans artefact fort utile en cas de modification de la taille d'une boite ; transformations aux quelles le modèle temporel ne donne pas accès.

Le développement de *BOXES* a été momentanément interrompu. En outre ce logiciel a pour but d'être et de rester un logiciel libre, la bibliothèque Cassowary devenant propriétaire une difficulté supplémentaire s'est greffée sur la poursuite du projet.

Cependant, la reprise des travaux théoriques autour du modèle et la volonté de l'étendre à la création de partitions interactives a été l'occasion de reprendre le développement de cet outil.

2. MODÈLE THÉORIQUE

Comme annoncé précédemment, les travaux que nous présentons ici sont le prolongement de ceux qui ont mené à la première mouture de *Boxes*. Ainsi, nous reprenons deux de ses aspects fondamentaux : le modèle hiérarchique et l'utilisation des relations de Allen.

Cependant nous avons chercher à l'enrichir pour permettre la création de partitions "interprétables". En effet, l'évolution des techniques et de la musique au XX^{ieme} siècle et notamment l'avènement de la musique électroacoustique ont conduit les compositeurs à créer des pièces sur support, non jouables autrement que par leur diffusion sur des système d'écoute, la part d'interprétation lors des représentations étant dévolue à la spatialisation. Cette situation a privé une partie des œuvres modernes de l'apport de l'interprétation dont a toujours profité la musique instrumentale. Notre objectif est donc de développer un système permettant l'interprétation de pièces électroacoustiques au travers des mêmes vecteurs que celle des pièces instrumentales.

Nous nous appuyons sur les travaux de Jean Haury [6] qui identifie 4 possibilités pour l'interprétation :

- les variations dynamiques
- l'accentuation
- l'articulation
- les modifications agogiques (changement des dates de début et de fin des notes)

Dans le cadre de notre étude, nous ne nous intéressons qu'aux modifications agogiques. Par conséquent, nous délaissons le contenu des boites et nous considérons celles-ci d'un point de vue uniquement symbolique.

Jean Haury précise également que le musiciens a accès aux possibilités de l'interprétation à travers des points de contrôle placés dans la pièce qu'il appelle "points d'interaction". Un point d'orgue est un bon exemple de point d'interaction pour la musique instrumentale dans la mesure où le musicien ou chef d'orchestre peut choisir la durée du point d'orgue.

En outre, ces possibilités d'interaction et donc de modification de la pièce s'accompagnent de la définition par le compositeur d'un cadre dans lequel celles-ci vont pouvoir s'exprimer. Dans la musique instrumentale, ce cadre est fixé au travers d'indications du compositeur par exemple de volume (p, ff...) ou de tempo ($accelerendo$...). Ainsi l'interprète est amené à jouir d'un certain nombre de libertés laissées par le compositeur tout en restant dans un cadre fixé par ce même compositeur. Comme nous nous restreignons aux modifications agogiques et donc à la possibilité de décaler des notes ou d'en modifier la durée par rapport à ce qui est écrit par le compositeur, celui-ci doit être en mesure de définir une organisation temporelle de sa pièce qu'il souhaite voir respectée quels que soient les choix de l'interprète. On voit ici se dessiner la cohérence temporelle évoquée dans l'introduction et que *Boxes* permet de définir grâce aux relations de Allen. Nous étendons donc l'utilisation de ces relations depuis l'aide à la composition statique vers la définition du cadre temporelle dans lequel évoluera l'interprète lors de l'exécution.

Notre modèle présente les caractéristiques suivantes :

- la représentation par boites hiérarchiques
- l'utilisation des relations de Allen
- l'introduction de points d'interaction sur les débuts et fins de boites.
- une représentation générique des partitions permettant l'utilisation d'une même machine d'exécution pour toutes les pièces et non pas de systèmes "ad hoc" pour chaque pièce

La figure 3 présente une partition interactive. Dans cet exemple assez simple, une boite hiérarchique T_1 contient 4 boites simples T_2, T_3, T_4 et T_5 dont certaines sont contraintes entre elles par des relations de Allen, le début de T_4 étant rendu interactif par l'ajout d'un point d'interaction T.

Il est important de noter que l'outil que nous cherchons à développer utilisant ce modèle devra à la fois permettre l'édition de partitions interactives par le compositeur en lui donnant accès aux différents éléments exposés précédemment, mais devra également être capable d'exécuter ces partitions.

Pour ce qui concerne la partie "édition", nous utilisons les mêmes mécanismes que *Boxes* en nous appuyant sur

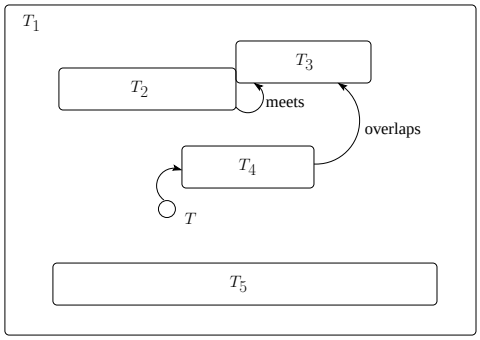


Figure 3. Un exemple de partition

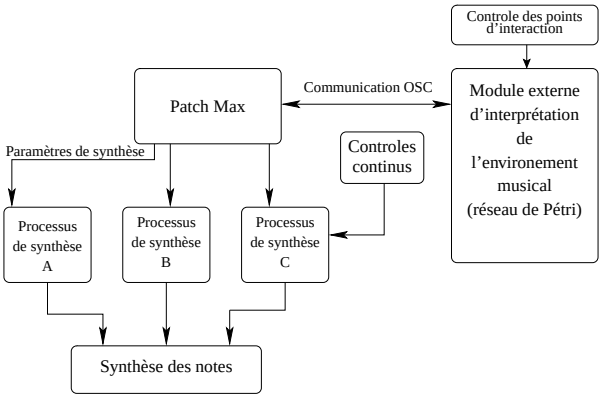


Figure 4. Architecture du système

un système de contraintes à résoudre chaque fois qu'une modification intervient. Pour la partie "exécution" il nous est apparu qu'une solution basée sur une résolution du système de contraintes dès que l'interprète modifie la valeur d'une date de début ou de fin de note risquait de conduire à des temps de calcul trop longs pour le temps réel. Ainsi, nous avons cherché à obtenir une représentation des partitions exécutée par la machine générique qui code les relations de Allen de telle manière qu'aucun calcul ne soit nécessaire en temps réel pour maintenir ces relations. Nous avons choisi les réseaux de Pétri qui gèrent des processus concurrents tout en permettant leur synchronisation à des moments précis, soit exactement ce que nous désirons. Pour permettre l'interprétation, nous transformons la partition en réseau de Pétri qui sera l'objet effectivement exécuté.

Pour des détails plus précis sur notre modèle théorique et notamment sur l'utilisation que nous faisons des réseaux de Pétri, le lecteur pourra se reporter à [1].

Afin de marquer l'évolution depuis *Boxes* et de mettre en lumière les possibilités d'interaction de ce système, nous avons choisi d'appeler celui-ci *Iscore* pour "interactive score".

3. IMPLÉMENTATION

3.1. Partition statique

Actuellement, il existe deux implémentations de *Iscore*, l'une développée au LaBRI par Bruno Valèze, l'autre prenant place dans le système des *Maquettes* d'*OpenMusic* ; cette dernière version étant la plus aboutie, nous présentons cette implémentation.

Dans *OpenMusic*, les *Maquettes* permettent d'organiser dans le temps les sons obtenus par évaluation des Patchs. Il s'agit donc d'un véritable environnement dans lequel le compositeur va venir placer ses patchs représentés sous formes de boites sur une "feuille blanche", l'axe des abscisses représentant le temps de gauche à droite, l'axe des ordonnées n'ayant pas de sens a priori. L'évaluation de la maquette produira une pièce sonore dans laquelle les sons produits par chaque patch qui la compose interviendront aux dates représentées par les positions des patchs dans la Maquette. On voit bien ici une certaine similitude avec *Boxes* évoquée en introduction.

Comme nous nous intéressons uniquement à l'aspect symbolique des boites, nous avons utilisé l'interface graphique des *Maquettes* pour créer avec l'aide de Jean Bresson de l'équipe Representations Musicales de l'Ircam des objets boites entre lesquelles l'utilisateur va pouvoir poser des relations de Allen. La figure 5 montre un exemple de création de partition en présentant l'interface permettant créer les boites et de gérer les relations de Allen posée entre celles-ci.

Comme dans *Boxes*, pour la partie édition, nous devons résoudre un système de contraintes impliquant les dates de début et de fin des boites à chaque modification effectuée (ajout d'une relation, déplacement/étirement d'une boite). Cette opération est déléguée à un solver de contraintes appelé *Gecode* développé par Christian Schulte [8].

3.2. Interaction

Naturellement l'implémentation offre la possibilité d'introduire dans les partitions des points d'interaction permettant à l'interprète de déclencher manuellement certains événements pendant sa performance.

Comme nous ne cherchons pas à synthétiser nous même les sons de la pièce, nous utilisons pour ce faire une application extérieure dédiée (typiquement Max ou Pure Data) avec laquelle le système va communiquer au travers du protocole Open Sound Control selon le schéma de la figure 4.

Ainsi un message OSC est associé à chaque événement, message qui sera envoyé à l'application concernée lors du déclenchement de l'événement. La figure 6 présente les possibilités de configuration de l'utilisation d'OSC par le système. En particulier, on peut voir sur la figure 6(a) la manière de déclarer des nouvelles applications externes au système avec leur caractéristiques : adresse IP et Port d'écoute. La figure 6(b) présente la possibilité de définir les messages OSC associés au début et à la fin d'une boite. Ces messages seront envoyés à une des applications de la liste d'applications déclarées. Enfin, la figure 6(c) présente la manière d'ajouter un point d'interaction, processus lié

également à OSC dans la mesure où ces points d'interaction seront déclenchés pendant l'exécution par la réception de message OSC par *Iscore*. Sur la partition, la présence d'un point d'interaction est précisé par la coloration de l'événement interactif en rose. On peut voir sur la figure 6(a) que la fenêtre d'ajout d'applications externes permet également de paramétrer le port d'écoute du système.

Comme annoncé précédemment, pour jouer la partition, nous transformons celle-ci en réseau de Pétri avant d'exécuter ce dernier en prenant en compte les déclenchements de l'interprète et en envoyant les messages OSC associés aux événements.

Du coté des applications externes, un routage des messages OSC permet alors de contrôler les déclenchements et relâchements de processus de synthèse par exemple ou la lecture de fichiers comme dans l'exemple de la figure 7.

3.3. Format d'export

Nous avons créé un format XML de sauvegarde des partitions interactives. Pour l'instant elle reste assez succincte et décrit les partitions telles que décrites plus haut avec des boites symboliques contenant uniquement des messages OSC associés à leur début et à leur fin. Ce format a pour vocation d'être étendue pour fournir une possibilité d'échange de partitions musicales non conventionnelles et qui échappent à des projet comme MusicXML [1] . Notre objectif est également d'utiliser ce format pour permettre des exports dans un format graphique comme SVG [2] par exemple pour offrir la possibilité d'imprimer les partitions ou encore de les partager sur le net. Un autre format qui parait également intéressant est SMIL [3] qui est un format de description de petits scénarios multimédias avec possibilité de déclencher certains événements de manière interactive. Ce format qui dispose maintenant de plusieurs lecteurs est destiné au partage de ces scénarios sur la toile.

4. PARTICIPATION AU PROJET VIRAGE

Notre approche symbolique des boites, nous permet d'envisager la représentation de contenu divers et pas simplement musicaux. Ainsi les processus pilotés par les boites peuvent tout à fait synthétiser des images, commander des effets de lumières ou déclencher des effets spéciaux. Cette possibilité nous a amené à considérer des collaborations en dehors du milieu strictement musicales notamment avec le monde du spectacle vivant au travers du projet Virage. Le projet Virage [4] prévu pour une durée de 2 ans, a pour objectif de développer un outil interactif en direction des régisseurs de spectacle vivant. En effet, le théâtre et les arts du spectacle en général utilisent de plus en plus de contenus multimédia (vidéo, synthèse sonore, effets...), contenus qui s'ajoutent aux contenus artistiques habituellement gérés par les régisseurs (lumière, musique...). Ainsi de nombreuses compagnies s'appuient sur l'informatique pour piloter ces éléments pendant les représentations. Or il n'existe pas d'outils réellement pertinents pour écrire des scénarios multimédias organisant l'ensemble des événements et pouvant supporter l'interaction pour assurer une robustesse du système par rapport aux fluctuations temporelles des représentations. On s'aperçoit que l'élaboration d'un tel système est un problème proche de celui auquel nous sommes attelés pour créer *Iscore*. En effet, on peut tout à fait remplacer les processus musicaux associés aux boites dans *Iscore* par des processus adéquat pour la lumière, la vidéo... Un régisseur pourrait ainsi organiser temporellement l'ensemble des événements qu'il a à piloter pendant la représentation, synchroniser divers contenus et placer des points d'interaction à des moments stratégiques de la pièce pour pouvoir suivre le jeu des comédiens. Le projet Virage va beaucoup plus loin que la simple adaptation de notre système dans la mesure où une grosse partie de ce projet vise à proposer aux régisseurs un outil permettant de définir les interfaces au travers desquelles il interagira avec le système notamment par l'intervention des sociétés BlueYeti et JazzMutant. Ainsi ce projet devra offrir un outil pour écrire et exécuter des scénarios multimédias interactifs et définir les interfaces avec lesquelles interagir avec ces scénarios.

Notre collaboration dans ce projet va nous permettre de faire aboutir l'implémention indépendante de *Iscore*.

5. PERSPECTIVES

L'une des voies d'amélioration du système que nous expérimentons est d'ajouter aux relations de Allen la possibilité de définir des contraintes plus fines sur les intervalles de durée. Concrètement, nous souhaitons que le compositeur puisse préciser une propriété pour n'importe quel intervalle de durée séparant deux événements de la pièce. Trois statuts sont possibles :

- rigide : la valeur de la durée de l'intervalle écrite doit être maintenue quoi qu'il arrive
- semi-rigide : la valeur de l'intervalle doit rester dans un ensemble de valeurs $[Val_{min}, Val_{max}]$
- souple : la valeur de l'intervalle peut prendre n'importe quelle valeur dans $[0, \infty]$

Bien entendu, ces contraintes n'ont de sens que par rapport à la présence de points d'interaction susceptibles de modifier les valeurs des intervalles. Après des expérimentations, il est apparu que l'ajout de ces contraintes directement dans le modèle de réseaux de Pétri que nous utilisons n'est pas possible. Nous cherchons donc à ajouter à notre modèle un graphe de contraintes sur lequel appliquer un algorithme de réduction de domaines par propagation de type Indigo [4]. Ce type d'algorithme n'étant pas efficace sur des graphes cycliques (ce qui se produit fréquemment), nous travaillons actuellement à des modifications permettant de prendre en compte ce type de situations.

Une autre amélioration à laquelle nous souhaitons nous attaquer rapidement est d'incorporer progressivement les processus de synthèse dans *Iscore*. Dans un premier temps,

[1] http ://www.recordare.com/xml.html
[2] http ://www.w3.org/Graphics/SVG/
[3] http ://www.w3.org/AudioVideo/
[4] http ://plateforme-virage.org/

nous allons placer dans les boites des courbes de valeurs qui seront lues au déclenchement des boites et dont les valeurs seront envoyées via OSC au fur et à mesure que la lecture des boites avancent, ceci ayant pour but de mieux contrôler les processus de synthèse des applications externes. Nous envisageons également de permettre aux boites de recevoir des valeurs et d'enregistrer des courbes lors de l'exécution de la pièce. Par la suite nous envisageons d'embarquer totalement des moteurs de synthèses et de traitements.

Concernant les utilisations possibles de *Iscore*, il y a naturellement la création et l'interprétation de pièces de musique électro-acoustique, une pièce est d'ailleurs actuellement en cours de création par Joseph Laralde, assistant musical au Scrime [5] .

Cependant d'autres utilisations sont envisagées comme par exemple un système de playback qui suivrait le jeu du musicien au travers de points d'interaction. Dans le cadre de cette utilisation, nous cherchons à créer un module de transformation de fichiers Midi et MusicXML en partitions interactives. Ce module devra instancier automatiquement des boites et inférer des relations entre elles en fonctions des données du fichier d'entrée. Une dernière utilisation prévue concerne la pédagogie pour permettre à des musiciens débutants de faire l'expérience de l'interprétation de pièce avant de posséder la maîtrise technique pour jouer effectivement la pièce. L'idée est donc de déléguer une partie des notes au système et de conserver un nombre limité de points d'interaction pour contrôler des parties réellement pertinentes pour l'interprétation. D'une manière générale, le système peut permettre d'adapter des pièces aux capacités de jeu des musiciens : débutants, virtuoses, handicapés... Dans ce contexte, le module d'importation de fichiers midi ou musicxml est également central.

6. REFERENCES

[1] A. Allombert, G. Assayag, and M. Dessainte-Catherine. A model of interactive scores based on petri nets. In *Pr. of the 4th Sound and Music Computing Conference (2007), Lefkada, Greece*, July 2007.

[2] Gérard Assayag, Camilo Rueda, Mikael Laurson, Carlos Agon, and Olivier Delerue. Computer assisted composition at ircam : From patchwork to openmusic. *Computer Music Journal*, 23(3), 1999.

[3] A. Beurivé. Un logiciel de composition musicale combinant un modèle spectral, des structures hiérarchiques et des contraintes. In *Journées d'Informatique Musicale, JIM 2000*, 2000.

[4] Alan Borning, Richard Anderson, and Bjorn Freeman-Benson. Indigo : a local propagation algorithm for inequality constraints. In *UIST '96 : Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 129–136, New York, NY, USA, 1996. ACM.

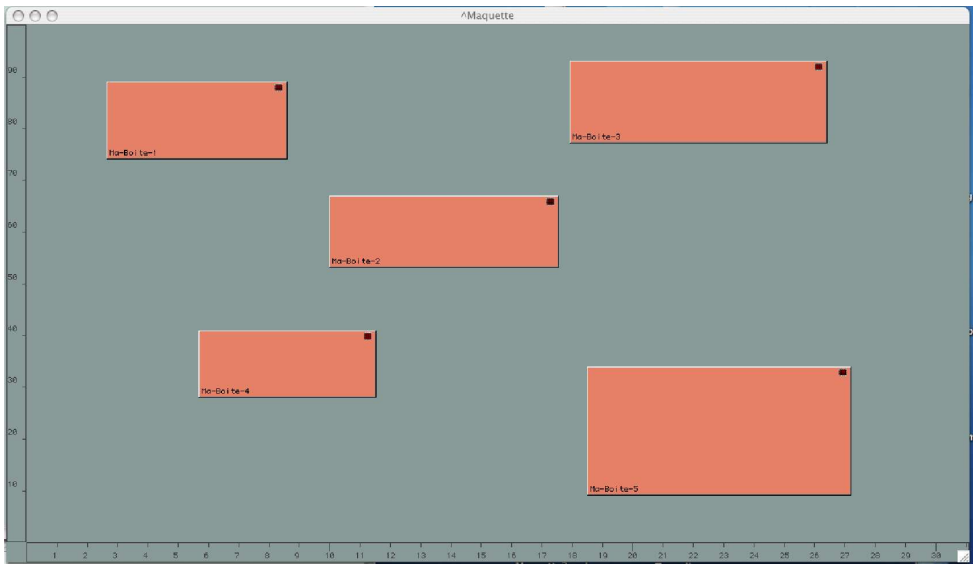
[5] M. Desainte-Catherine and S. Marchand. Structured additive synthesis : Towards a model of sound timbre and electroacoustic music forms. In *Proc. of the ICMC-99 (International Computer Music Conference), Pekin (China)*, October 1999.

[6] J. Haury. La grammaire de l'exécution musicale au clavier et le mouvement des touches. In *Manuscrit*.

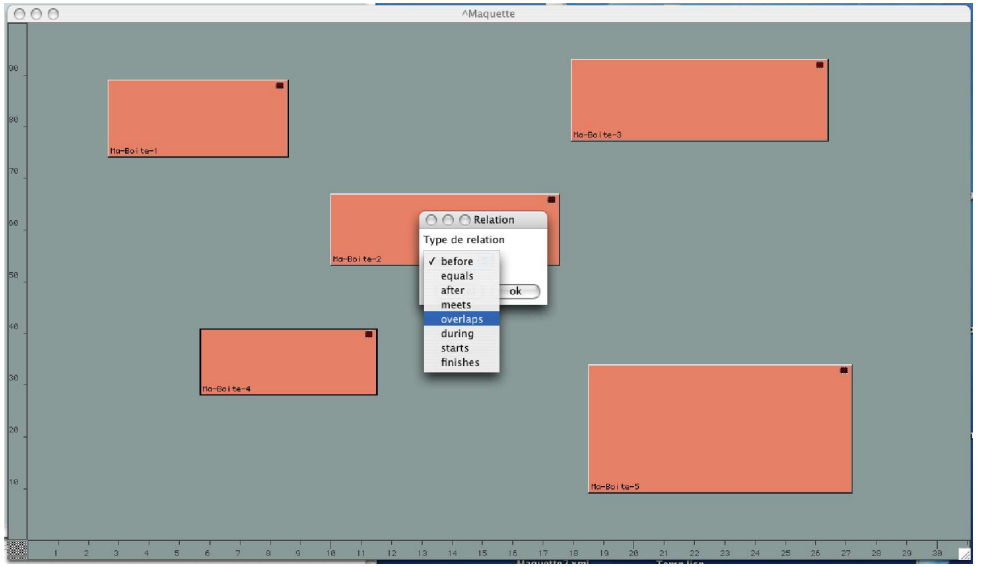
[7] F. Pachet and O. Delerue. Musicspace : a constraint based control system for music spatialization. In *Proc. of 1999 International Computer Music Conference*, pages 272–273, 1999.

[8] C. Schulte and G. Tack. Views and iterators for generic constraint implementations. In *Pr. of the Fifth International Colloqium on Implementation of Constraint and Logic Programming Systems, CICLOPS05*, 2005.

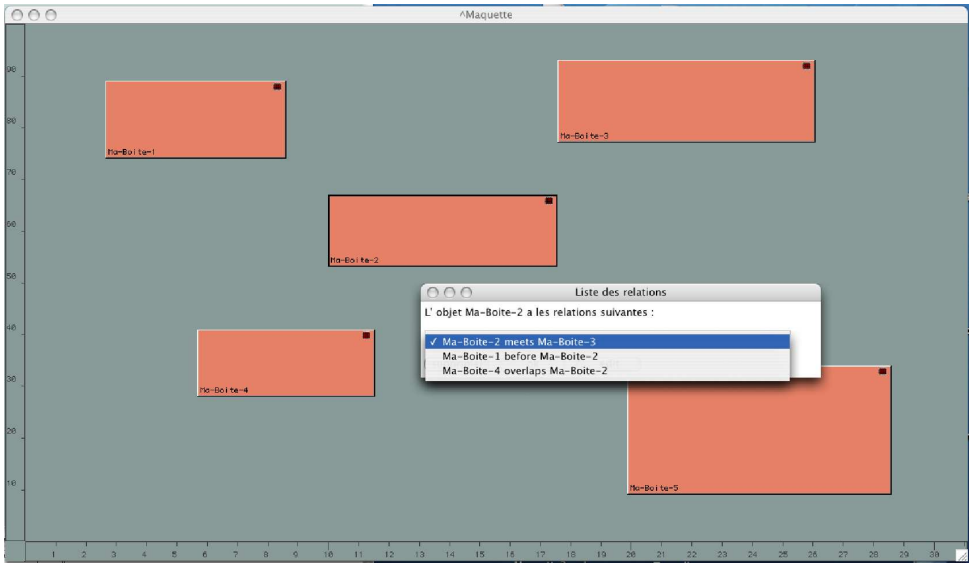
[5] Studio de Création et de Recherche en Informatique et Musique Électro-acoustique - http ://scrime.labri.fr



(a) Un exemple de partition à partir d'une maquette d'OM

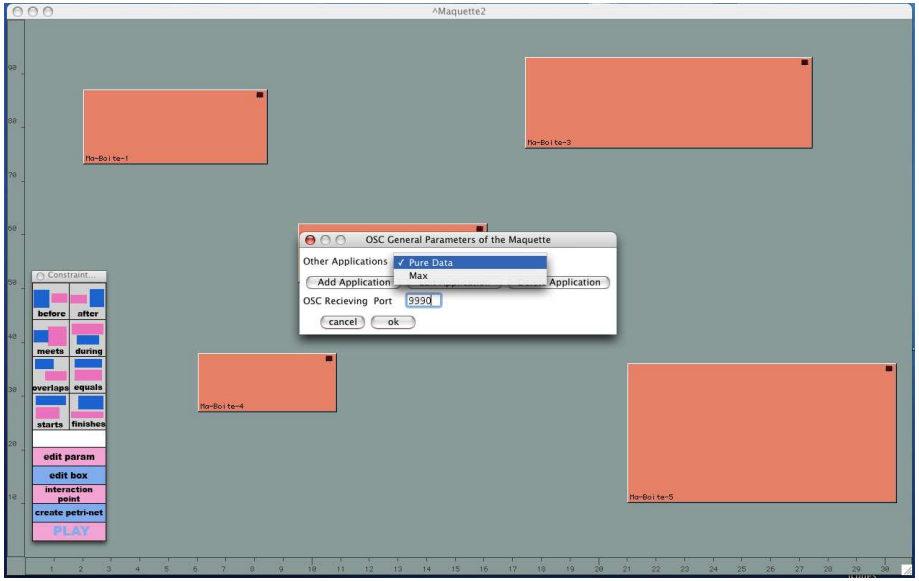


(b) Introduction d'une relation de Allen entre deux boites

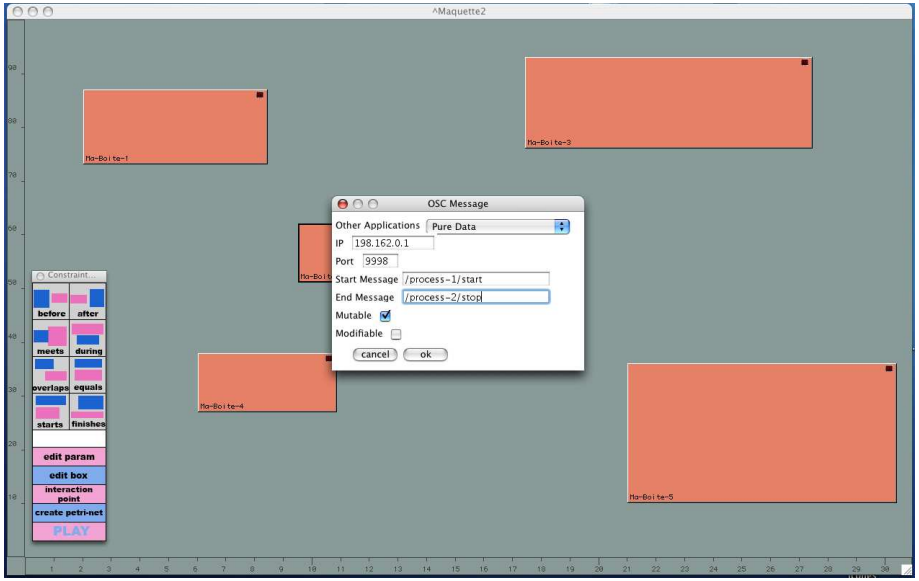


(c) Liste des relations impliquant une boite

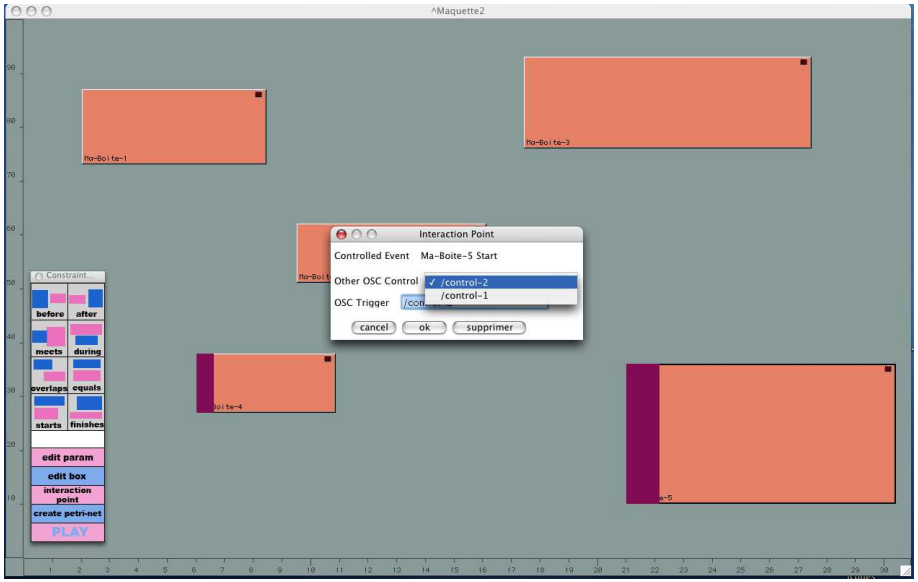
Figure 5. Exemple d'utilisation d'OM pour créer une partition interactive



(a) Paramètrage de la partition pour OSC



(b) Définition des paramètres OSC d'une boite



(c) Ajout de points d'interaction

Figure 6. Paramétrage OSC d'une partition

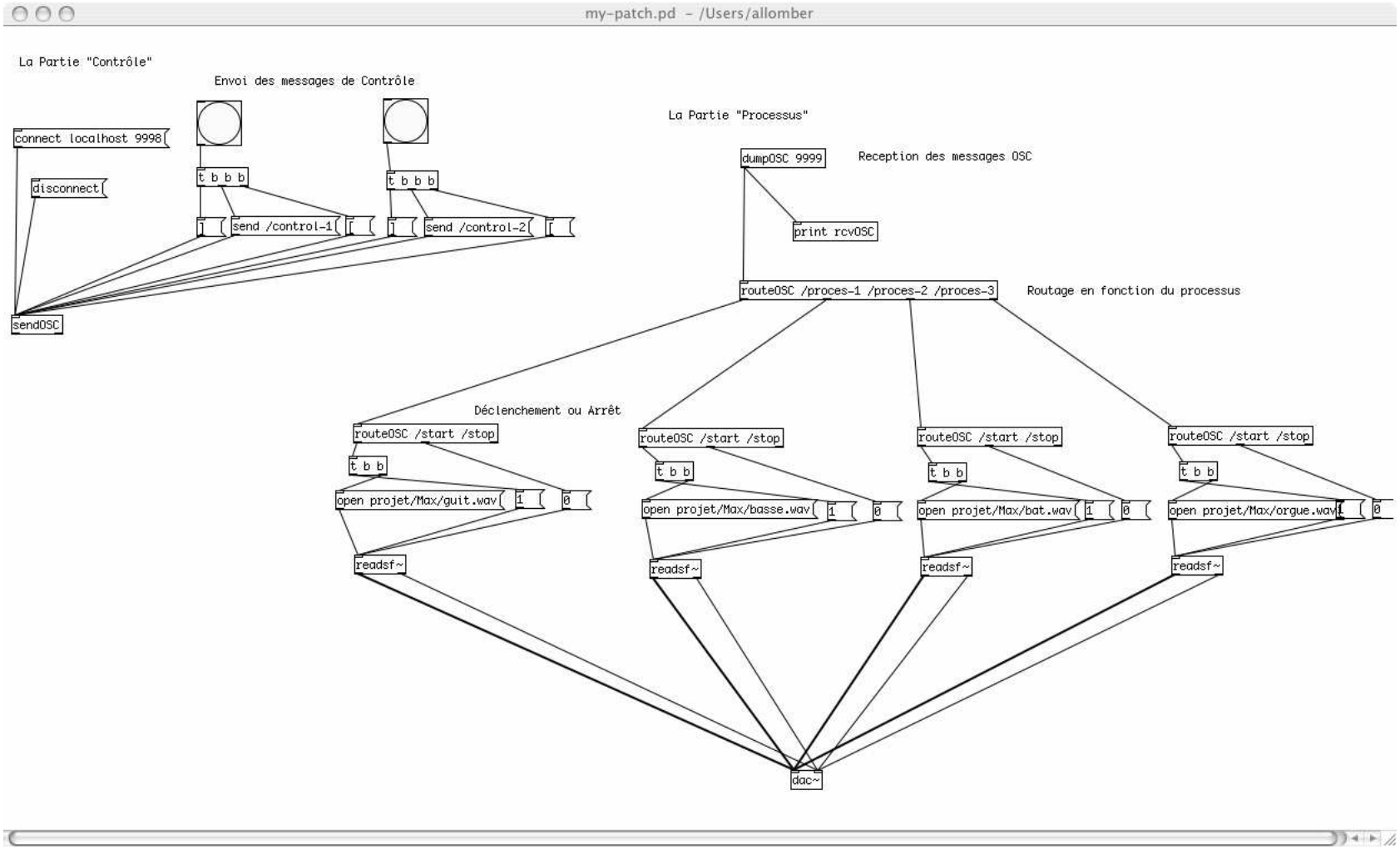


Figure 7. Un exemple de Patch PD utilisé avec Iscore