

PROPOSITION POUR UNE ECRITURE DU TEMPS DES INTERACTIONS ENTRE MUSIQUE ELECTROACOUSTIQUE ET CORPS EN MOUVEMENT

Ariadna Alsina Tarrés
CICM-EA 1572
Université Paris 8
ariadnaalsina@gmail.com

Alain Bonardi
CICM-EA 1572
Université Paris 8 et IRCAM
alain.bonardi@univ-paris8.fr

RÉSUMÉ

L'intérêt du compositeur pour des projets interdisciplinaires le pousse à rechercher des moyens adéquats, efficaces et inspirants pour une création fructueuse et proposant des synergies entre disciplines. Cette proposition est née de la recherche d'interactions possibles entre musique et danse suite à l'initiation d'une collaboration avec la jeune chorégraphe Mathilde Vrignaud, dans la volonté d'avancer sur différents cadres de mixité entre la musique et des disciplines concernant le corps en mouvement.

Dans notre proposition, nous réalisons le suivi de mouvement avec un périphérique *Kinect pour Xbox 360*, notamment un suivi des articulations du corps à partir de l'application *Synapse*¹. Continûment, les données sont traitées de manière à associer des positions et des mouvements du corps à des événements musicaux symboliques représentés dans une partition *MIDI*. Enfin, le suiveur de partition *Antescofo*² détecte chaque événement et réalise les actions musicales associées aux événements. Profitant de la détection de *tempo* de ce système et de ses possibilités de gestion temporelle des processus, nous pouvons rendre ainsi la musique électroacoustique flexible au niveau temporel et en relation aux mouvements du corps.

1. INTRODUCTION

La proposition que nous présentons ici fait partie d'une étape de recherche d'une méthodologie de travail pour la création d'un projet artistique de musique électroacoustique et danse, qui part de l'idée poétique de créer une architecture sonore avec les mouvements du danseur et en même temps d'inscrire son corps dans l'espace tout en imaginant son expansion à travers les sons.

Cette proposition est née d'un questionnement sur l'écriture du temps de la musique électroacoustique dans les cadres de mixité réunissant danse, musique et technologies numériques. Nous cherchons une méthodologie et des techniques qui permettent la création d'une partition chorégraphique et musicale née d'une collaboration étroite entre les disciplines. La problématique qui se pose concerne la gestion

temporelle et la synchronisation entre les événements de la chorégraphie et les événements musicaux.

Une réflexion se pose aussi sur le rôle du corps. Avec les technologies de suivi et reconnaissance, le corps peut être vu comme une interface, au sens d'une surface formant une frontière ou limite commune à deux domaines aux propriétés différentes, permettant des échanges entre eux. Le corps joue la musique comme s'il était lui même un instrument car les mouvements entraînent des conséquences directes sur le son. Nous proposons néanmoins une relation plus complexe entre corps et musique car nous souhaitons que dans une scène sensible, le corps développe son propre discours tout en produisant des interactions avec la musique, et que cette dernière ait également son propre discours.

1.1. La gestion temporelle

Comme dans le cadre d'une musique mixte (avec une partie instrumentale et une partie électronique), les options possibles pour la performance quant à la décision des durées, des vitesses et des changements de tempi sont au nombre de trois, bien que de nombreuses situations sont possibles entre les deux dernières options :

a) La musique électroacoustique est figée temporellement et c'est l'interprète qui doit suivre les durées de cette musique.

b) La musique électroacoustique est générée en temps réel (ces sons sont générés en direct) en réagissant à des données provenant de l'interprète (c'est donc l'interprète qui gère les durées).

c) Une combinaison des deux options précédentes avec un système interactif complexe qui intègre un système de suivi et capable d'agir comme contrôle du déroulement temporel.

En effet, ce sont des situations type, et nous trouvons des situations variées entre les options. Par exemple, procéder par déclenchement de fichiers audio qui ne sont pas soumis à un contrôle de vitesse par l'interprète. Le déclenchement peut se faire aussi avec des contrôles de différentes sortes ; par exemple, les propriétés du son de l'interprète peuvent être analysées et déclencher les fichiers de manière automatique quand ce son atteint certains seuils ou états. On peut aussi déclencher des fichiers avec un contrôleur MIDI, etc.

Notre but est de proposer un système qui permette de combiner les moments où le danseur a le contrôle

¹<http://synapsekinect.tumblr.com/>

²<http://repmus.ircam.fr/antescofo>

temporel, ce qui lui confère une certaine liberté, les moments où la musique électroacoustique propose un tempo et les moments complexes où différentes temporalités cohabitent en polyphonie. Pour cette raison nous avons besoin d'une partition qui soit à la fois précise quant aux événements et processus et flexible dans le domaine temporel. Notre objectif est qu'un système informatique interactif puisse suivre les mouvements du danseur grâce à une partition, non seulement pour réagir aux données reçues mais pour pouvoir aussi les anticiper et proposer des événements et des processus musicaux avec de nouvelles temporalités.

Un des systèmes des plus développés pour réaliser un suivi de partition est *Antescofo*, qui grâce à un système de suivi d'événements et de tempo, permet de composer des couches temporelles hétérogènes, selon les mots du compositeur Philippe Manoury qui a réfléchi aux besoins de la musique mixte [8].

1.2. Le corps dans un système interactif

Comme le signale Armando Menicacci [10], l'utilisation des technologies numériques pour la scène amène des nouvelles possibilités quant aux relations entre les différents éléments : corps, musique, images, etc. Notamment, les systèmes interactifs permettent de capturer, filtrer, transcoder des informations sur les actions ou les caractéristiques provenant des composants de la scène. La possibilité alors de manipuler et intervenir dans une pièce en temps réel, tout en influençant avec le corps un élément comme le son, pose des questions sur le degré de co-composition d'un chorégraphe avec la création musicale. Le même auteur [9] propose que dans un espace scénique où les interfaces et les médias sont des éléments constitutifs de l'écriture, il devienne un espace structuré par le geste *interfacé* où les transformations intermodales sont possibles grâce aux caractéristiques isomorphiques du numérique ; des échanges entre substances sont possibles : le mouvement et le son, le son et l'image, l'architecture, le texte, etc. Ce que Menicacci appelle le corps transducteur et le corps-lieu ou le lieu-interprète, nous intéresse spécialement parce que nous allons précisément voir cette notion comme un espace composable pour la musique.

Nous ne souhaitons pas nous arrêter au stade du corps-transducteur d'une musique, nous souhaitons qu'il interagisse avec la musique en gardant son propre discours.

Nous proposons d'écrire le temps des interactions comme une couche en plus de celle des mouvements et celle des événements musicaux. Il s'agit d'une couche constitutive de l'œuvre et donc essentielle pour la composition. Elle est une écriture des rencontres des deux éléments : musique et mouvement, une entité hybride qui fait émerger une nouvelle dimension de l'œuvre.

2. TECHNOLOGIES POUR UNE COMPOSITION DE MUSIQUE ET GESTES

Plusieurs technologies sont développées pour mettre en relation les gestes et les sons. Notamment la librairie *FTM* développée par l'équipe « Interaction son musique mouvement » (ISMM) de l'Ircam, avec les modules de *gesture follower*³. Cette technologie permet de mettre en relation un mouvement avec un son tout en faisant la comparaison entre une interprétation et des exemples pré-enregistrés. Cela permet aussi de savoir à quel moment du geste on se situe et donc d'adapter le son à la temporalité du geste. Cette technologie, malgré son intérêt et son efficacité, demande un modèle préalable et sa reproduction identique (avec certains degrés de variabilité) au moment de la performance. Il s'agit d'une reconnaissance de gestes que le module a déjà mémorisés, soit parce qu'il les a appris de l'interprète, soit parce que les données de chaque geste ont été enregistrées et chargées pour un alignement entre les nouvelles données qui arrivent en temps réel et une forme donnée *a priori*.

Nous avons testé ce système qui ne résout pas complètement notre problème car nous souhaitons laisser une certaine liberté à l'interprète, non seulement temporelle mais aussi des mouvements qui se produisent entre deux événements figés. Nous avons besoin d'une technologie plus souple qui propose une hiérarchie des relations temporelles, avec des points de synchronisation et donc de rencontres nécessaires et obligatoires pour pouvoir avancer, et d'autres moments plus flexibles.

C'est le suiveur de partition *Antescofo* qui nous permet de programmer ces différents types de rapports entre une interprétation et des événements et processus d'une musique électroacoustique. Nous proposons en conséquence de trouver une stratégie pour écrire une partition des mouvements et gestes et la suivre avec ce système.

2.1. La captation de mouvement

La captation et l'analyse du mouvement a été largement étudiée et développée notamment par des systèmes mis en place lors de la première décennie de notre siècle et qui utilisent des caméras : *Eyesweb*⁴, *softvns*⁵, *Isadora*⁶, ou des capteurs, parmi d'autres. Quant à l'analyse et reconnaissance de gestes et positions, des études poussées sont aussi menées par des équipes tels que ISMM de l'Ircam, qui continuent à se développer de nos jours, comme nous l'avons déjà signalé. Nous pourrions ajouter quelques d'autres exemples, comme le *Topos Toolkit* de Luiz Naveda⁷. Nous avons choisi d'utiliser pour notre proposition le

³http://ftm.ircam.fr/index.php/Gesture_Follower

⁴<http://csc.dei.unipd.it/imi/depirro/casetta/Experience%20preservation/software&manuali/6181303-EyesWeb-Compendium.pdf>

⁵<http://www.davidrokeby.com/softVNS.html>

⁶<http://troikatronix.com/isadora/about/>

⁷<http://luiznaveda.weebly.com/topos.html>

périphérique *Kinect* et le logiciel *Synapse*, comme nous le verrons ultérieurement, et faire un traitement des données efficace avec la *Fuzzy Lib* et des mappings de l'espace pour obtenir des positions précises des mains par rapport au torse et des mains entre elles.

Nous avons relevé plusieurs créations artistiques significatives abordant ce sujet et qui deviennent des références pour notre recherche. Certains travaux nous intéressent au niveau technique pour étudier leur système de captation de mouvement et aussi du point de vue artistique, pour l'interaction qui se produit entre deux arts. C'est le cas de deux travaux utilisant des capteurs embarqués sur le corps des danseurs pour mettre en relation le mouvement chorégraphique et la musique : Pierre Jodlovski a travaillé avec des capteurs sur une danseuse en collaboration avec la chorégraphe Myriam Naisy déjà en 2003 pour la pièce *NNN*⁸ ; et pour donner un exemple plus récent, Roque Rivas a travaillé avec le chorégraphe Shang Chi Sun pour créer la pièce *Threads*⁹ (2013). Dans les deux cas nous avons relevé l'utilisation de capteurs comme déclencheurs de sons synchronisés avec certains gestes ou poses et comme contrôleurs pour moduler le son avec le mapping des données de mouvement vers des variables du son. D'autres exemples deviennent un référent pour l'utilisation d'une notation pour le mouvement. Il s'agit des travaux de Thierry De Mey et de Jesper Nordin. Notamment dans des pièces comme *Light Music* (2004, pour un chef solo, projections et dispositif interactif) ou *Pièces de gestes* (2008, pour cinq percussionnistes), De Mey a créé tout un langage des gestes avec une notation précise. De Mey a mené une recherche à l'Ircam avec le Réalisateur en Informatique Musicale Benoît Meudic pour modéliser par modèles physiques les gestes et les mettre en relation avec des idées musicales [11]. Finalement, une pièce récente produite à l'Ircam nous intéresse tant pour le dispositif de captation (deux *kinects*) comme pour le système de notation d'un ensemble de mouvements qui doivent être réalisés par le chef d'orchestre avec ses mains, pour diriger l'ensemble instrumental, pour manipuler un ensemble de petites cloches ou bien pour réaliser des mouvements précis devant les deux *kinects*. Il s'agit de *Sculpting the Air* (2015) de Jesper Nordin (pour chef d'orchestre, ensemble instrumentaux et dispositif électronique) qui a été créée en juin 2015 et qui a été étudiée par Bacot et Féron [5]. Nordin utilise *Gestruement*¹⁰, une interface de contrôle gestuel développée par lui-même qui permet au chef d'orchestre de contrôler la musique électronique avec ses mouvements.

⁸<http://www.studio-eole.com/index.php?post/N.N.N.>

⁹<http://www.grame.fr/ressources/productions/Threads.pdf>

¹⁰<http://www.gestruement.com/product/>

3. PROPOSITION TECHNIQUE

3.1. Cadre de recherche

La proposition que nous présentons ici fait partie de l'étape initiale d'un projet interdisciplinaire de musique électroacoustique et danse issu de la collaboration des auteurs avec la jeune chorégraphe Mathilde Vriignault.

Dans ce premier temps nous avons travaillé pour trouver un moyen d'écrire les mouvements et la musique dans le temps. Nous allons détailler plus avant le dispositif technique que nous avons conçu. Ce système nous permet une interaction entre mouvements et musique dans lequel les deux disciplines peuvent à différents moments décider les durées et diriger la gestion temporelle. Dans les exemples que nous montrerons ce sont les mouvements qui déterminent le tempo et la musique les suit, bien que nous travaillons aussi pour des situations différentes où la musique déterminera des durées et tempi que la danse suivra.

3.2. Dispositif de captation

Nous proposons un système fondé sur la captation avec la *Kinect*. Le logiciel *Synapse*¹¹ permet de suivre différentes articulations du corps ainsi que de donner des informations de direction d'une articulation qui bouge de manière brusque (voir figure 1a). Ces informations sont envoyées via *OSC* et sont reçues, dans notre proposition, dans le logiciel *Max*.



Figure 1a. Articulations du corps reconnues et suivies par *Synapse*.

Nous proposons de travailler avec ces flux de données dans *Max* pour pouvoir déterminer, dans un premier temps, une série de positions du corps, et dans une deuxième étape, des mouvements entre les positions.

Les données que nous utilisons dans notre exemple sont celles des deux mains, en utilisant les valeurs des axes X, Y et Z, relatifs au centre du corps (torse).

Pour une première scène (exemple 1 expliqué ci-après), nous avons réalisé un traitement des données

¹¹<http://synapsekinect.tumblr.com/>

arrivant dans *Max* pour pouvoir déterminer la position de la main droite dans une grille imaginaire en trois dimensions autour du corps. L'espace qui entoure le corps devient un espace musicalement composable, divisé en plusieurs parties. Les différentes divisions de la grille permettent de choisir des zones plus ou moins proches au torse. Le point de référence étant toujours le centre du torse. Nous avons trouvé intéressant de travailler avec les limites entre une zone et une autre, et nous avons défini des « frontières » imaginaires entre les zones. Une de ces frontières sépare les zones plus proches du torse des zones tout autour du corps. Une deuxième « frontière » se situe au point le plus éloigné du torse atteint par la main quand les bras sont ouverts au maximum et à la hauteur des épaules.

De cette manière, nous créons une sorte d'enveloppe autour du corps et nous pouvons aussi travailler avec l'espace tout en catégorisant trois situations : la main dans l'espace intérieur au corps (zone 1 : colonne centrale sur figure 1b), dans une zone entourant le corps (zone 2 : colonnes entre frontières intérieures et extérieures sur figure 1b) ou dans un espace éloigné du corps (zone 3 : hors frontière extérieures sur figure 1b).

Cette division de l'espace et l'utilisation des données provenant de la position de la main droite est un choix arbitraire qui a été fait tout en étudiant une chorégraphie proposée par Mathilde Vrignaud et en déterminant les éléments les plus significatifs et les plus adéquats à mettre en relation avec la musique. On pourrait bien utiliser d'autres données de la *Kinect* ou une autre stratégie de travailler avec l'espace, selon la particularité de chaque projet artistique.

Pour une deuxième scène (exemple 2 expliqué ci-après), nous utilisons les données d'information sur la position de chacune des deux mains.

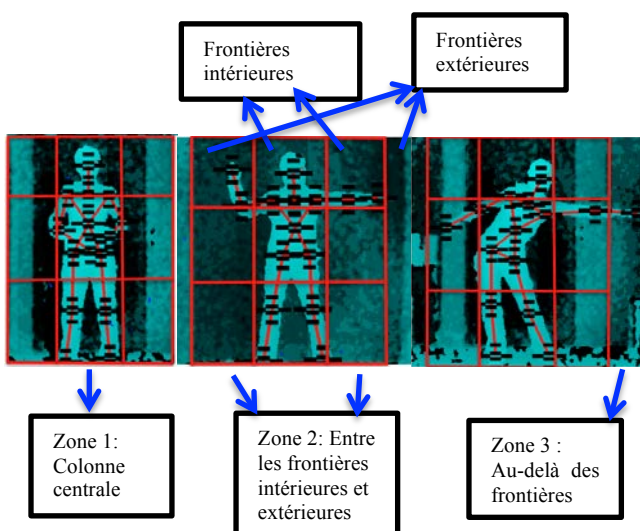


Figure 1b. Vision en 2D de la grille qui divise l'espace autour du corps.

3.3. Composition d'une partition de mouvements et musique

Grâce à différentes stratégies de mapping des données, nous pouvons associer différentes positions du corps à des notes musicales. Cela nous permet de composer une partition *MIDI* symbolique où les notes, les silences et différents événements musicaux représentent des mouvements et des positions. Nous en présentons deux exemples ci-après (voir figure 2).

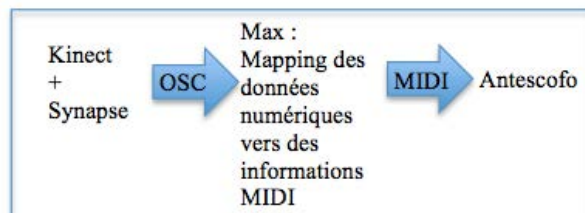


Figure 2. Schéma du système proposé.

3.3.1. Détection de la position de la main droite dans un espace autour du corps

Nous avons délimité un espace autour du corps dans les limites par où la main droite peut arriver avec le bras droit étendu. Nous avons divisé cet espace avec une grille qui délimite des zones et nous avons associé une note *MIDI* à chaque zone.

De cette manière, quand la main droite se place dans cette zone de la grille, les données reçues déclenchent une note *midi* qui n'est pas entendue, mais qui sert seulement à communiquer avec le suiveur de partition *Antescofo*. L'interprète doit donc suivre une même série de mouvements pour interpréter la partition. Ces mouvements ne doivent pas être reproduits de façon identique à chaque interprétation ; en revanche, ils doivent passer par certains points de l'espace dans l'ordre établi dans la partition.

L'avantage est que le tempo choisi pour atteindre ces points va être reconnu par *Antescofo*, qui pourra donc adapter les événements musicaux au tempo détecté.

Nous avons notamment programmé le déclenchement d'un fichier son à chaque note *midi* reçue. La vitesse de lecture de ce fichier pourra être modifiée grâce à l'objet *supervp.scrub~* qui permet de recevoir l'information sur la position de la tête de lecture du fichier et adapter la vitesse de lecture. Il fait partie de l'implémentation de la technologie *Supervp* dans *Max*¹².

3.3.2. Détermination de degré d'ouverture des bras

Avec les données provenant du suivi de la position des deux mains en relation au torse, nous pouvons déterminer le degré d'ouverture des bras grâce à l'utilisation de la librairie *Fuzzy lib* [3].

¹² <http://anasynth.ircam.fr/home/english/software/supervp>

Nous envoyons vers l'entrée du module *Fuzzy lib* l'information concernant la différence entre la position de la main droite et la position de la main gauche avec des valeurs entre 0 et 127. Le mode apprentissage est activé pour que *Fuzzy lib* puisse mapper l'ensemble de données et faire une distribution selon le mode de partitionnement de sous-ensembles flous qu'on a demandé. On donne les règles pour associer les régions de données à 3 états différents qui déterminent si les bras sont fermés, moyennement ouverts ou bien ouverts (voir figure 3).

Cette information sera envoyée sous forme d'accord *MIDI*, à chaque fois qu'il y a un mouvement brusque du torse. Si les bras sont fermés, l'accord sera une seconde mineure, s'ils sont moyennement ouverts, l'accord sera une tierce mineure et s'ils sont grand ouverts, l'accord associé sera une quarte.

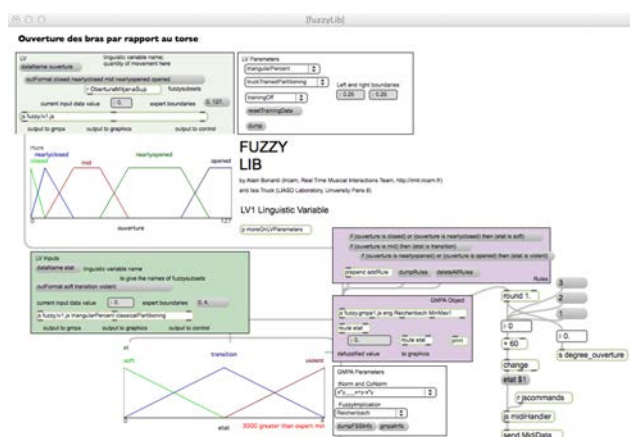


Figure 3. Utilisation de la *Fuzzy Lib* pour déterminer si les bras sont dans un des ces trois états : assez fermés, un peu ouverts ou très ouverts.

3.4. Gestion temporelle avec Antescofo

Enfin, *Antescofo* fait le suivi de la partition et gère temporellement les événements et processus de la musique électroacoustique. Nous avons utilisé pour notre test quelques stratégies de synchronisation possibles avec le système *Antescofo*¹³.

Pour un premier exemple, nous voyons dans la partition *Antescofo* les notes *MIDI* que nous avons associés à des positions de la main droite dans l'espace autour du corps (voir figure 4). A chaque nouvelle position connue, un fichier son est déclenché avec sa vitesse d'origine (un son en attaque-résonance) ; de plus, un deuxième fichier du même son à l'envers, est déclenché et sa vitesse est contrôlée par le tempo que le système a détecté pour notre interprète, grâce à l'objet *supervp.scrub~* qui permet une vitesse de lecture variable et l'action *CURVE*. Nous avons suivi pour cela les indications des développeurs de *Antescofo*¹⁴ pour

configurer le système en accompagnement. De cette manière, si les mouvements sont ralentis ou accélérés par rapport au tempo attendu, le son va subir un étirement temporel en sorte de s'adapter au nouveau tempo. Nous avons choisi l'option de comportement *@tight* pour le *CURVE* qui s'occupe du son à l'envers. Cette option priorise la position de l'information reçue dans la partition, au lieu de se focaliser seulement sur le tempo.

Pour un deuxième exemple, des accords de deux notes sont associés à différentes ouvertures des bras, et ces événements dans la partition contrôlent un son de synthèse additive. Pour chaque nouvelle position des bras, le spectre du son est modifié et une nouvelle enveloppe de dynamique est appliquée à ce son.

```

BPM 60
NOTE 60 4
soundfileA 1
curve soundfileB @Grain := 0.05s, @Action := toscrub $x @tight
{
  $x
  {
    {00.0}
    0.5 { 0.5}
    0.5 { 1.0}
    0.5 { 1.5}
    0.5 { 2.0}
    0.5 { 2.5}
    0.5 { 3.0}
    0.5 { 3.5}
    0.5 { 4.1}
  }
}
NOTE 62 4
soundfileA 1
curve soundfileB @Grain := 0.05s, @Action := toscrub $x @tight
{
  $x
  {
    {00.0}
    0.5 { 0.5}
    0.5 { 1.0}
    0.5 { 1.5}
    0.5 { 2.0}
    0.5 { 2.5}
    0.5 { 3.0}
    0.5 { 3.5}
    0.5 { 4.1}
  }
}
}

```

Figure 4. Partition *Antescofo* pour le premier exemple.

4. CONCLUSIONS

Avec le système proposé pour un cadre de création interdisciplinaire de musique électroacoustique et corps en mouvement, la musique pourra non seulement s'adapter au tempo de l'interprète mais on pourra aussi tisser des relations temporelles complexes entre les deux disciplines et permettre une vraie interaction et collaboration pour une création de la partition.

Cette méthodologie de travail proposée a été testée par nous-mêmes, et par la chorégraphe Mathilde Vrignaud¹⁵. Cette première étape de travail a été réalisée

¹³Pour plus d'information, voir le chapitre 9 de [6]

¹⁴Dans [4] et sur le Forum de l'Ircam: <http://forumnet.ircam.fr/fr/user-groups/antescfo/forum/topic/antescfo-and-supervp/>

¹⁵www.ensemble-labsem.fr

aux studios de danse du Conservatoire Régional d'Aubervilliers-La Courneuve, aux studios de la Cité des Arts de Paris et au studio de l'association Enfance et musique de Le Pré-Saint-Gervais. Pour la prochaine étape de développement du projet nous serons en juin 2016 en résidence au Centre Césaire à Reims. Nous envisageons dans cette prochaine étape de développer la partition *Antescofo* en collaboration avec la chorégraphe en sorte de composer une couche hybride d'interactions, qui émerge de la rencontre entre musique et danse. Nous travaillons pour une production et présentation en fin 2016-début 2017 qui n'est pas encore confirmée.

L'évaluation des tests menés jusqu'à présent a été positive de la part de la chorégraphe. D'un côté, son travail de composition des mouvements est fondé sur une gamme de positions dans l'espace et ce fait rend significative une partition symbolique avec des notes musicales. D'un autre côté, la gestion temporelle avec *Antescofo* amène des nouvelles possibilités de composition tenant compte du temps et des interactions avec la musique.

Nous avons trouvé par contre le système de captation avec la kinect un peu limité car il demande une frontalité qui est souvent contraignante pour la chorégraphie. Pour améliorer cet aspect, nous envisageons de tester un système de capteurs ainsi que un système avec deux kinects dans le cadre de notre résidence au Centre Césaire.

5. REFERENCES

- [1] Alaoui, S. « Analyse du geste dansé et retours visuels par modèles physiques », Thèse de doctorat, Université Paris-Sud, 2012, <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-00805519/document> [dernière consultation 05-01-2016]
- [2] Aperghis, G., Beller, G. « Contrôle gestuel de la synthèse concaténative en temps réel dans Luna Park ». Rapport de recherche et développement, Ircam, 2011. Disponible en ligne: <http://articles.ircam.fr/textes/Beller11a/index.pdf> [dernière consultation 05-01-2016]
- [3] Bonardi, A., Truck, I. « Introducing Fuzzy Logic And Computing With Words Paradigms In Realtime Processes For Performance Arts ». *Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC'2010)*, Juin 2010, United States. p. 474-477, 2010. Disponible en ligne : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00656887/document> [dernière consultation 05-01-2016]
- [4] Cont, A., Echeveste, J., Giavitto, J-L, Jacquemard, F., « Correct Automatic Accompaniment Despite Machine Listening or Human Errors in Antescofo ». *Proceedings of the International Computer Music Conference 2012 (ICMC 2012)*, Ljubljana, Slovenia. Disponible en ligne : <http://articles.ircam.fr/textes/Cont12d/index.pdf> [dernière consultation 05-01-2016]
- [5] Féron, François-Xavier et Bacot, Baptiste. « *Sculpting the Air* (2014-15) de Jesper Nordin, l'expérimentation d'une direction d'orchestre techno-augmentée ». *Abstracts of the 2015 Tracking the creative process in music Conference*. Disponible en ligne: <http://tcpm2015.ircam.fr/wp-content/uploads/2015/10/TCPM-2015-MEF-Abstracts-V9.pdf>
- [6] Giavitto, J-L., Cont, A., Echeveste, J. et MuTAnt Team Members. « Antescofo. A not-so-short introduction to version 0.x ». Revision November 23, 2015. Disponible en ligne : <http://support.ircam.fr/docs/Antescofo/AntescofoReference.pdf> [dernière consultation 05-01-2016]
- [7] Jules, F. et al., « Perspectives pour l'apprentissage interactif du couplage geste-son ». *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2013*, Saint-Denis, p. 77-84, 2013.
- [8] Manoury, Ph. « Considérations (toujours actuelles) sur l'état de la musique en temps réel ». *Produire le temps* (textes réunis par Hugues Vinet), Hermann Éditeurs, Paris, 2014.
- [9] Menicacci, A. « [Nouvelles] espèces d'espaces, Réflexion autour du lieu de performance traversé par le numérique ». *Quant à la danse*, numéro 3, février 2006.
- [10] Menicacci, A. « Digital technologies on stage ». *Artpress 2, L'art dans le tout numérique*. Trimestriel num.29. Mai, juin, juillet 2013.
- [11] Meudic, B., De Mey, Th. « Projet taxinomie du geste. Rapport de recherche Ircam », *Composer in Research Report 2012*. Disponible en ligne : <http://articles.ircam.fr/textes/Meudic13a/index.pdf> [dernière consultation 05-01-2016]