

ORJO ET LA META-MALLETTE 4.0

*Serge de Laubier
Guillaume Bertrand*

*Hugues Genevois
Vincent Goudard
Boris Doval*

*Lionel Feugère
Sylvain Le Beux
Christophe d'Alessandro*

PUCE MUSE
www.pucemuse.com

Institut Jean le Rond
d'Alembert (équipe LAM)
www.dalembert.upmc.fr/lam

LIMSI-CNRS
www.limsi.fr

RÉSUMÉ

Cet article décrit le projet de recherche OrJo 2009-2012 (Orchestre de Joysticks) qui associe quatre structures, PUCE MUSE, le LAM (UPMC), le LIMSI (CNRS, associé à l'UPMC et à l'Université Paris-Sud), et 3Dlized, autour de quatre grands objectifs :

1. réaliser quatre versions du logiciel plateforme pour s'adapter aux différents usages,
2. proposer une collection d'instruments virtuels sonores et visuels,
3. améliorer la représentation graphique des instruments virtuels,
4. pratiquer, échanger, et conserver un répertoire sur la Méta-Librairie.

Ce projet interroge plusieurs usages nouveaux comme la pratique en orchestre d'instruments virtuels, l'échange et la transmission de partitions interactives pour ces orchestres, l'apport du relief pour la musique visuelle. Il évoque aussi les développements d'instruments virtuels comme les instruments de synthèse vocale du LIMSI et les instruments par modèles physiques, modèles topologiques et modèles statistiques de l'équipe Lutheries acoustique musicale (LAM).

Cet article est aussi une invitation à utiliser la plateforme Méta-Mallette [12] via son SDK (libre) et le site d'échanges Méta-Librairie.

1. INTRODUCTION

Depuis 2003, PUCE MUSE développe et expérimente un logiciel, la « Méta-Mallette », qui permet de jouer collectivement musique et image sur ordinateur en utilisant des interfaces gestuelles. Les premières expérimentations ont révélé un très vif intérêt des utilisateurs de tous âges et de divers horizons. En effet, la Méta-Mallette est un dispositif qui permet d'aborder de manière ludique et active des notions musicales et acoustiques. Elle favorise une transversalité des pratiques pouvant parfois associer artistes, professeurs de musique, d'arts plastiques, de technologies, de physique, de formation musicale (solfège), de musique électroacoustique ou de MAO, d'improvisation, de multimédia... La Méta-Mallette est ainsi utilisée par des musiciens, scientifiques, danseurs, plasticiens, et pratiquée dans les écoles maternelles et primaires,

collèges, universités, mais aussi auprès du troisième âge, handicapés, amateurs ou professionnels. Depuis 2005, plusieurs améliorations du logiciel ont été réalisées en interaction permanente avec des pédagogues et des artistes.

OrJo (Orchestre de Joysticks) prolonge cette expérience en associant quatre structures sur ce projet: PUCE MUSE qui coordonne, le LAM (UPMC), le LIMSI (Paris 11), et 3Dlized société de production 3D relief. Cet article détail les quatre grands objectifs cités ci-dessus, qui structurent ce projet jusqu'à fin 2012.

2. RÉALISER 4 VERSIONS DU LOGICIEL PLATEFORME POUR S'ADAPTER AUX DIFFÉRENTS USAGES

2.1. La Méta-Mallette

La version complète s'adresse aux « aventuriers », prêts à passer du temps pour élaborer des projets artistiques. Ils maîtrisent les principales fonctionnalités du logiciel :

1. constituer des orchestres d'instruments virtuels audiovisuels (jusqu'à 30 instruments simultanés)
2. définir des « mapping » entre interfaces gestuelles et paramètres audiovisuels (plusieurs interfaces peuvent être reliées à un instrument et une interface peut jouer plusieurs instruments)
3. utiliser les bus audio, video et gestuels pour faire interagir les instruments entre eux
4. connaître la librairie d'instruments audiovisuels proposés
5. utiliser leurs propres ressources numériques: sons, images, vidéos, volumes 3D, fichier MIDI
6. savoir déclarer de nouvelles interfaces gestuelles (USB, MIDI, OSC)
7. maîtriser les entrées et sorties audiovisuels de la plateforme (caméra, microphone, spatialisation audio, 3D relief)
8. savoir utiliser le système de mémoires dynamiques aux différents niveaux du logiciel

Cette plateforme puissante et souple est d'ailleurs utilisée dans la plupart des créations de PUCE MUSE. Elle ne nécessite pas de connaissances de programmation informatique.



Figure 1. Le logiciel Méta-Mallette 4.0

2.2. Le SDK

La MM4 utilise principalement le logiciel Max/MSP de cycling74. Elle est constituée de trois parties :

1. la plateforme avec la gestion des entrées sorties audiovisuelles, des interfaces gestuelles, le système de mémorisation et la circulation de données
2. les instruments virtuels audiovisuels qui vont utiliser différentes techniques pour produire du son et de l'image
3. les extensions qui ajoutent des fonctionnalités spécifiques à chaque projet artistique (intégration d'interfaces gestuelles spécifiques, égalisation des sorties audio ...)

Le SDK propose aux développeurs connaissant Max/MSP de développer leurs propres instruments et extensions. Il offre une série d'abstractions pour déclarer des lecteurs sons, des lecteurs images, des variables gestuelles... Son objectif est de simplifier au maximum tout ce qui concerne la connexion avec la plateforme pour laisser le développeur se concentrer sur l'algorithme audiovisuel spécifique à l'instrument. Un instrument simple peut être développé en quelques minutes.

2.3. La Mini-Mallette

La Méta-Mallette est très souvent utilisée collectivement : classe de formation musicale, de musique au collège, à l'école primaire avec des musiciens intervenants... Avec la naissance de projets artistiques plus ambitieux, des élèves ont demandé à pouvoir s'entraîner individuellement. La Mini-Mallette est une version plus simple acceptant au maximum 3 instruments audiovisuels simultanés. Elle nécessite donc beaucoup moins de puissance informatique pour fonctionner.

2.4. Le Player

La Méta-Mallette est puissante mais donc complexe pour un premier usage. Le player propose une interface simplifiée destinée uniquement à jouer des projets artistiques sans pouvoir les éditer. Cette demande est largement majoritaire chez les utilisateurs. En effet, concevoir un projet demande du temps et des compétences dans de nombreux domaines : musique,

électroacoustique, image, vidéo, 3D... Le player propose donc de jouer des projets créés avec la Méta-Mallette et hébergés sur le site de la Méta-Librairie (voir paragraphe 5).

3. PROPOSER UNE COLLECTION D'INSTRUMENTS VIRTUELS SONORES ET VISUELS

3.1. La collection PUCE MUSE

Avec la plateforme Méta-Mallette, PUCE MUSE propose une collection d'instruments audiovisuels de base. Ces instruments peuvent fonctionner avec toutes les interfaces gestuelles reconnues dans la MM4 (USB, MIDI, OSC). Cependant seul un mapping par défaut est proposé pour joystick, gamepad, et souris. Tous les instruments fonctionnent maintenant en 3D relief (voir section 4). Un code couleur permet immédiatement de savoir à quelle famille chaque instrument appartient.

— 3 instruments jouant des sons échantillonnés

- *MM.Accel* est un instrument virtuel qui se base sur l'énergie du geste pour contrôler une synthèse par lecture d'échantillons.
- *MM.Scratch* est un instrument virtuel simulant le scratch sur platine vinyle.
- *MM.Groove* est un instrument virtuel qui permet de travailler en rythme tout en transposant.

— 1 instrument de synthèse « pure »

- *MM.FMot* se base sur la synthèse par modulation de fréquences (FM).

— 1 instrument dérouleur de fichier MIDI

- *MM.Roll* permet de faire défiler des fichiers MIDI en temps réel.

— 2 instruments de transformation (sons et images)

- *MM.Reve* est un instrument virtuel qui modifie son et image. Il simule l'effet de réverbération.
- *MM.Teeth* est un instrument virtuel qui modifie son et image. Il module un retard temporel du son et une réinjection visuelle.

— 1 instrument pour jouer des plugins audio

- *MM.VST* permet de contrôler avec les interfaces gestuelles des programmes au format VST.

— 1 instrument visuel pour jouer des vidéos

- *MM.Vignette* permet de travailler de la vidéo en temps réel.

3.2. Les instruments de synthèse vocale du LIMSI

Le LIMSI développe depuis plusieurs années des instruments vocaux, c'est-à-dire des systèmes de synthèse vocale temps-réel à contrôle gestuel [6]. La Méta-Mallette offre une plateforme d'intégration, de développement et de diffusion particulièrement intéressante pour ce type d'instrument, en particulier dans la dimension du jeu collectif, ou « chorale numérique ». Trois types d'instrument sont intégrés, ou en cours d'intégration, dans la Méta-Mallette :

1. Un synthétiseur de voyelles chantées, (avec contrôle des voyelles et de la source) utilisé en soliste ou en chœur (LIMSI.CantorDigitalis)
2. Un synthétiseur de (certaines) consonnes chantées, avec contrôle de l'articulation, utilisable en soliste ou en chœur (LIMSI.Digitartic).
3. Un système d'analyse-synthèse-modification temps-réel de l'intonation (LIMSI.Calliphony).

3.2.1. LIMSI.CantorDigitalis

LIMSI.CantorDigitalis est un instrument de synthèse vocale de type source-filtre utilisant la synthèse par formants, et comme source le modèle d'onde de débit glottique CALM [7,9].

Les quatre types classiques de voix (basse, ténor, alto et soprano) sont disponibles en ajustant pour chaque type : la tessiture ; les valeurs des filtres formantiques des voyelles ; la tension et le souffle de la source glottique.

Des perturbations de la source glottique sont ajoutées à différentes échelles temporelles : Jitter et Shimmer à l'échelle de la période fondamentale ; perturbation sinusoïdale décroissante sur la fréquence fondamentale et l'amplitude de vibration de la source, à l'échelle de la seconde pour reproduire l'effet de la pulsation cardiaque [21] ; extinction de la voix après une durée correspondant à l'utilisation du volume pulmonaire, grossièrement modélisé par une fonction de la force vocale au cours du temps.

Deux types d'interactions source-filtre sont introduits. D'une part, les amplitudes des filtres formantiques sont automatiquement ajustés en temps réel, afin de réduire les résonances excessives quand la fréquence fondamentale ou une de ses premières harmoniques coïncident avec les fréquences des filtres formantiques. D'autre part, les fréquences des filtres formantiques sont rendues dépendantes de la fréquence fondamentale, pour simuler la modification de la forme de la cavité buccale avec la fréquence fondamentale et la force de la voix [19].

LIMSI.CantorDigitalis [10] est configuré pour le contrôle de la production de voyelles chantées artificielles. A l'aide d'une tablette graphique, l'utilisateur contrôle la fréquence fondamentale le long de l'axe X et la force vocale avec la pression du stylet sur la tablette (fig. 2). Un mode permet de produire du chant diphonique en ajoutant une deuxième tablette graphique permettant de contrôler dans un plan 2D les

fréquences des deux premiers formants ainsi que leur amplitude avec la pression de ce stylet.

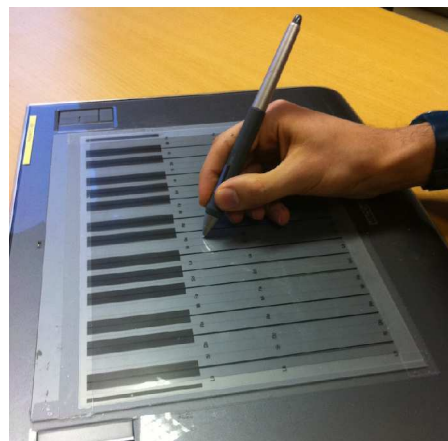


Figure 2. La tablette graphique munie d'un clavier dessiné

Une étude en cours d'analyse sur la précision de la tablette graphique comme contrôle de l'intonation de la voix chantée est encourageante : elle tend à montrer qu'on parvient à produire des intervalles aussi, voire plus, justes avec la tablette qu'avec sa propre voix. Ces premiers résultats confirment une étude préliminaire [18] qui montre que la justesse nécessaire à un jeu musical de type chorale peut être atteinte à l'aide d'une tablette graphique.

3.2.2. LIMSI.Digitartic

LIMSI.Digitartic est une extension du synthétiseur précédent, conçu pour le contrôle de l'articulation de certaines consonnes et donc de syllabes voyelle-consonnes, consonnes-voyelles, ou composées. Il possède un module supplémentaire, par rapport à LIMSI.CantorDigitalis, sous la forme de règles sur les trajectoires des formants lors des transitions de phonèmes, l'aspiration et le bruit des occlusions et frictions. La première version de cet instrument permet de contrôler continuellement le lieu d'articulation et l'instant articuloire de certaines consonnes liquides, semi-voyelles et occlusives à l'aide d'une tablette graphique. Le but est d'en faire un instrument de synthèse vocale capable de contrôler de la musique de type *scat*.

Ces deux instruments, LIMSI.CantorDigitalis et LIMSI.Digitartic, vocaux, peuvent être joués en solo ou en chœur. Une chorale numérique, le *Chorus Digitalis* [10,18], se réunit actuellement toutes les semaines (fig.3). Le but est ainsi double : les instruments sont d'une qualité suffisante pour produire de la musique, et d'autre part, le jeu collectif est un outil pour l'étude scientifique de tels contrôles gestuels de la synthèse vocale.

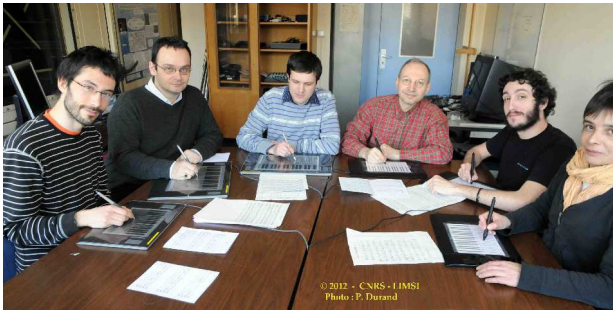


Figure 3. Le Chorus Digitalis

3.2.3. LIMS1.Calliphony

LIMS1.Calliphony, n'est pas un synthétiseur, mais un système d'analyse-modification-synthèse de l'intonation et du rythme de la prononciation. Il permet ainsi de modifier en temps-réel la prosodie d'une phrase en contrôlant la fréquence fondamentale de la voix et l'instant de lecture d'un fichier audio de voix pré-enregistrée.

On utilise une interface délivrant des coordonnées continues suivant deux dimensions et possédant une résolution spatiale suffisante, comme une tablette graphique. L'axe X est relié à l'instant de lecture de la phrase et l'axe Y à l'intonation. La précision obtenue pour contrôler l'intonation [8] à l'aide d'une tablette graphique et d'un tel système est supérieure ou égale à celle obtenue par la voix. La capacité à contrôler une intonation précise avec la tablette graphique provient de notre habileté à manier un stylo, issue de l'apprentissage précoce et assidu de l'écriture. L'instrument est basé sur une implémentation temps réel de l'algorithme PSOLA [15] [17] qui permet la modification de la fréquence fondamentale et l'étirement/contraction temporel d'un fichier de voix.

Cet instrument, conçu au départ pour la recherche en prosodie de la parole, est aussi susceptible d'utilisations musicales, par la modulation rythmique et mélodique de textes ou de voix enregistrés.

3.3. Les instruments par Modèles Intermédiaires Dynamiques (MID) de l'équipe Lutheries acoustique musicale (LAM)

Dans le cadre du projet OrJo, le LAM développe de nouveaux instruments pour la Méta-Mallette sur la base des recherches menées par le LAM autour de la notion d'instrumentalité des outils de production musicale [3] [11], et prenant en compte les réflexions théoriques conduites depuis plusieurs années dans le champ des Interfaces Homme-Machine [1][4], en particulier dans le domaine musical [5] [20] [22].

Ces instruments sont basés sur le concept de MID (Modèle Intermédiaire Dynamique), concept présenté lors des JIM 2011 à Saint-Étienne [13] et développé à Padova à l'occasion de SMC 2011 [14]. Ces modèles s'appuient sur une architecture logicielle modulaire pour dépasser le traditionnel *mapping* [16] en ajoutant des éléments logiciels dotés de comportements dynamiques (modèles physiques, topologiques, statistiques, etc.) dans la chaîne de contrôle de la synthèse.

Les objectifs visés par l'utilisation des MID sont de différentes natures et conduisent à élaborer un cahier des charges en décrivant les aspects fonctionnels et structurels. Sans être exhaustifs, nous évoquerons cependant quelques-unes de leurs caractéristiques essentielles :

- « augmenter » le geste en générant, à partir des données issues des capteurs, des flux de paramètres de contrôles (travail à des fréquences intermédiaires entre contrôle gestuel et fréquence du signal audio)
- s'intégrer dans une architecture logicielle modulaire respectant le caractère empirique de toute forme de lutherie (pouvoir tester différents types de synthèse à partir d'un même MID ou vice-versa)
- offrir une panoplie de modules correspondant à des besoins variés (échelles temporelles et logicielles en particulier)
- offrir plusieurs niveaux de monitoring et si nécessaire, gérer avec les mêmes algorithmes différentes modalités sensorielles.

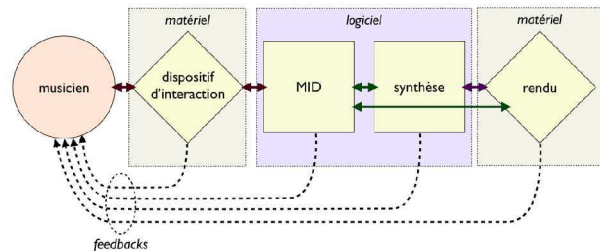


Figure 4. Schéma fonctionnel illustrant la place d'un modèle intermédiaire dans la chaîne allant du musicien au dispositif de restitution sonore.

4. AMÉLIORER LA REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES INSTRUMENTS VIRTUELS

La représentation visuelle des instruments se fait dans un espace 3D (opengl). Chaque instrument peut générer sa représentation dans cet espace virtuel en utilisant les fonctionnalités habituelles telles que sa position, la position de la caméra virtuelle, la lumière...

OrJo ajoute la possibilité de travailler en relief en utilisant des lunettes anaglyphiques. Cette technique permet de montrer des images 3D sur tous supports et les lunettes utilisées sont très économiques.

Voici quatre champs d'interactions entre son et images reliefs qui semblent particulièrement fertiles.

4.1. Le plaisir de la contemplation

Où le spectateur promène son regard librement dans un paysage virtuel, où il s'enfonce loin au delà de l'écran. Cette usage est magnifiquement illustré par le dernier film de Wim Wenders sur Pina Bausch. L'interaction avec le son spatialisé et l'écoute intelligente est évidente.

4.2. L'attirance pour le vertige

Ne plus savoir les limites du cadre, décoller de l'écran des morceaux d'instruments jusqu'à tendre la main pour les attraper. Le vertige visuel peut amplifier l'écoute. En effet la perception demande alors à l'audition de préciser

l'incertitude visuelle. L'écoute acousmatique fonctionne aussi sur ce principe.

4.3. Du réel au virtuel

L'interaction avec les caractéristiques physiques de l'écran, qu'il soit vidéo-projeté ou simple écran d'ordinateur, permet la création d'instruments se situant entre réel et virtuel. Il s'agit de prendre en compte le volume, les contours, teintes, matières de l'écran comme autant de guides pour concevoir un instrument. L'exemple le plus simple est celui de particules virtuelles qui rebondissent sur les bords de l'écran réel en générant des sons au moment où elles rebondissent. Plus les propriétés physiques de l'écran sont non neutres plus l'instrument virtuel peut interagir avec lui et offrir une singularité acoustique. Le relief visuel amplifie encore cette fluidité entre réel et virtuel.

4.4. Amplifier l'écoute

En associant sons et formes visuelles en mouvement, de nouvelles fonctionnalités apparaissent :

- Amplifier le geste : il est possible d'agrandir le geste musical ou le corps de l'instrument.
- Pré-voir et post-voir : la partition permet d'anticiper sur ce qui va arriver comme elle peut porter la trace de ce qui vient de se jouer. La musique *poly-phonique* devient alors *poly-graphique*. Ces représentations deviennent des guides qui structurent la mémoire du spectateur. Elles associent un vocabulaire graphique (souvent beaucoup plus étendu que le vocabulaire sonore) pour commenter et mémoriser la musique. Elles aident l'auditeur à suivre l'architecture musicale. Sur l'ensemble de ces fonctionnalités le relief agrandit les champs des possibles en même temps qu'il agrandit l'espace de la représentation.

5. PRATIQUER, ÉCHANGER, ET CONSERVER UN RÉPERTOIRE SUR LA MÉTA-LIBRAIRIE

La Méta-Librairie (<http://www.meta-librairie.com>) est un site d'échange fonctionnant sur le modèle de l'appstore. Les projets artistiques, instruments virtuels et extensions peuvent être « uploadés et downloadés » par les utilisateurs de la plateforme. Les modules téléchargés peuvent être gratuits ou payants, programmables – à la manière d'une œuvre ouverte, ou juste exécutables – telle une partition à jouer.



Figure 5. Page d'accueil de la Méta-Librairie.

Pour noter et documenter ces projets, plusieurs formats et codes ont été progressivement formalisés. L'intérêt de cette normalisation est de simplifier l'échange de projets.

5.1. La notation tablature

Cette notation symbolise les mouvements à réaliser avec les interfaces gestuelles choisies. Elle précise les parties mobiles de l'instrument dans le temps et la latitude des joueurs. Souvent une notation graphique se superpose à cette notation « tablature ». Elle donne une indication du résultat sonore. Une planche de symboles et codes utilisés est disponible sur la Méta-Librairie.

5.2. La vidéo

La vidéo est probablement la meilleure notation / transmission de projet artistique. Sur la vidéo sont représentés :

- le résultat audio et visuel de chaque instrument,
- en incrustation les mouvements du joueur avec son interface gestuelle,
- une incrustation de la partition avec le déroulement d'un pointeur sur la partition.

Ce système permet de travailler sa partition en superposant tout ou partie de la vidéo avec le jeu en direct de l'instrument.

Enfin une réalisation complète de l'œuvre filmée est ajoutée quand l'œuvre a été filmée en concert.

5.3. Une direction inspirée du sound painting

Le *sound painting* est un langage de composition en temps réel créé par Walter Thompson dans les années 1980. Plusieurs gestes ont été créés pour diriger des orchestres de joysticks et permettre de jouer rapidement en orchestre. Une vidéothèque répertorie les gestes spécifiques utilisés pour la Méta-Mallette.

Progressivement le fonds PUCE MUSE sera mis en ligne sur la Méta-Librairie. Il comporte deux catalogues.

Le premier recense des œuvres de 2003/2010. Il est constitué d'une vingtaine d'œuvres pour manettes de jeux vidéos type joystick, gamepad... Ce sont, pour la plupart, des pièces à jouer en ensemble.

Le second recense des œuvres de 1989 à 2004. Il est constitué d'une trentaine d'œuvres pour des interfaces gestuelles professionnelles comme le Méta-Instrument. Ce sont, pour la plupart, des œuvres solistes.

6. CONCLUSION

Au delà du projet OrJo, nous souhaitons que la Méta-Librairie devienne un site de mutualisation des projets artistiques, scientifiques et pédagogiques pour mieux comprendre ce champs artistique que nous appelons la Musique Vivante Virtuelle Visuelle (M3V). Il sera donc possible de poster des articles, de mettre des liens vers des projets ou des concerts qui questionnent ce champs artistique. En effet, il est indispensable de multiplier et théoriser les projets associant multi-modalité, pratique collective et répertoire artistique pour les nouvelles technologies afin de comprendre et partager ce champs artistique. La Méta-Librairie propose donc d'être un centre de documentation, un carrefour d'idées, de réflexions, de questionnements, d'échanges autour de ces thématiques. D'ailleurs, le mot anglais *library* ne veut il pas dire *bibliothèque* ?

7. RÉFÉRENCES

- [1] Beaudouin-Lafon, M., « Moins d'interface pour plus d'interaction », Interfaces Homme-Machine et Création Musicale, H. Vinet et F. Delalande (éds), Hermès, 123-141, 1999.
- [2] Cadoz, C., « Musique, geste, technologie », Les nouveaux gestes de la musique, H. Genevois et R. de Vivo (éds), Parenthèses, 47-92, 1999.
- [3] Cance, C., Genevois, H., Dubois, D., « What is instrumentality in new digital musical devices? A contribution from cognitive linguistics and psychology », Proc. of CIM09, à paraître « La musique et ses instruments », Delatour, 2012.
- [4] Castagne, N., Cadoz, C., « 10 criteria for evaluating physical modelling schemes ». in proc. DAFX'03.
- [5] Couturier, J-M., « Utilisation avancée d'interfaces graphiques dans le contrôle gestuel de processus sonores », thèse, Univ. de la Méditerranée, Marseille, 2004.
- [6] d'Alessandro, C. D'Alessandro, N. Le Beux, S. Simko, J. Çetin, F. Pirker, H. "The Speech Conductor: Gestural Control of Speech Synthesis" Proc. eINTERFACE 2005, Mons, 52-61, 2006.
- [7] D'Alessandro, N. d'Alessandro, C. Le Beux, S. Doval, B. "Real-time CALM Synthesizer New Approaches in Hands-Controlled Voice Synthesis", Proc. NIME'06, 266-271, Paris.
- [8] d'Alessandro, C., Rilliard, A., Le Beux, S. « Chironomic stylization of intonation » J. Acoust. Soc. Am., 129(3), 1594-1604, 2011.
- [9] Doval, B., d'Alessandro, C., Henrich, N. « The voice source as a causal / anticausal linear filter ». Proc. of Voqual'03, Geneva, 2003.
- [10] Feugère, L., Le Beux, S., d'Alessandro, C. « Chorus digitalis : polyphonic gestural singing », Proc. 1st Int. Workshop on Performative Speech and Singing Synthesis, Vancouver, 2011.
- [11] Genevois, H., « Geste et pensée musicale : de l'outil à l'instrument », Les nouveaux gestes de la musique, H. Genevois et R. de Vivo (éds), Parenthèses, 35-45, 1999.
- [12] Goudard, V., De Laubier, S. « PUCE MUSE – La Méta-Mallette », Proc. JIM 2008.
- [13] Goudard, V., Genevois H., Ghomi E. « L'utilisation de modèles intermédiaires dynamiques pour la synthèse audio-graphique » Proc. JIM 2011, Saint-Etienne.
- [14] Goudard, V., Genevois, H., Ghomi, E., Doval, B., « Dynamic Intermediate Models for Audiographic Synthesis », SMC 2011, Padova, Italie, 2011
- [15] Hamon, C., Moulines, E., Charpentier, F. « A diphone synthesis system based on time-domain prosodic modifications of speech », Proc. IEEE-ICASSP'89, 238-241.
- [16] Hunt, A., Wanderley, M. M., Paradis, M., « The importance of parameter mapping in electronic instrument design ». Proc. NIME'02.
- [17] Le Beux, S. Doval B. and d'Alessandro, C (2010). "Issues and solutions related to real-time TD-PSOLA implementation." 128th Conv. of the AES London, 2010.
- [18] Le Beux, S. Feugère, L. D'alessandro, C. « Chorus digitalis : experiment in chironomic choir singing », Proc. Interspeech 2011.
- [19] Liénard, J.-S., Di Benedetto, M.-G. « Effect of vocal effort on spectral properties of vowels », J. Acoust. Soc. Am. 106 (1), 411-422, 1999.
- [20] Momeni, A., Henry, C., « Dynamic Independent Mapping Layers for Concurrent Control of Audio and Video Synthesis », Comp. Music J., . 30(1), 49-66, 2006.
- [21] Orlikoff, F. R. « Heartbeat-related Fundamental Frequency And Amplitude Variation In Healthy Young And Elderly MaleVoices », J. of Voice vol. 4, No 4, 322-328, 1990.
- [22] Stowell, D., Plumbley, M.D. & Bryan-Kinns, N., « Discourse analysis evaluation method for expressive musical interfaces », Proc. NIME'08, Genova.