

■ .....  
**ircam**

.....  
**2011**

**RAPPORT  
D'ACTIVITÉ**

.....  
**INSTITUT DE RECHERCHE ET COORDINATION ACOUSTIQUE/MUSIQUE**  
.....

INSTITUT  
DE RECHERCHE  
ET COORDINATION  
ACOUSTIQUE /  
MUSIQUE

<b>■ 1. POLITIQUE GÉNÉRALE .....</b>	<b>5</b>
L'IRCAM EN 2011 : DIRECTIONS ET AMBITIONS RENOUVELÉES .....	6
LE CONSEIL D'ADMINISTRATION .....	8
LE CONSEIL SCIENTIFIQUE .....	9
L'ORGANIGRAMME .....	10
LES CHIFFRES CLÉS .....	11
2011 EN IMAGES.....	12

## **■ 2. UNE STRATÉGIE D'INSCRIPTION SOCIALE ET DE RENFORCEMENT INSTITUTIONNEL .....**

**15**

<b>RENOUVELLEMENT DES ACTIVITÉS DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>16</b>
UMR STMS ET COLLABORATIONS INSTITUTIONNELLES .....	16
RENOUVELLEMENT DES MOYENS ET DES OBJETS DE RECHERCHE .....	16
PRIX ET CITATIONS .....	17
<b>L'IRCAM ET SES RÉSEAUX .....</b>	<b>19</b>
RÉSEAU ULYSSES : RÉSEAU DES LIEUX EUROPÉENS DE PROFESSIONNALISATION DE LA JEUNE CRÉATION .....	20
CONSTRUCTION D'UNE ACADÉMIE DE LA CRÉATION, À VOCATION INTERNATIONALE	
REPRISE DE L'ACADÉMIE ACANTHES PAR L'IRCAM .....	21
<b>L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR RENFORCÉ .....</b>	<b>22</b>
DNSEP VALANT GRADE DE MASTER DESIGN SONORE .....	22
PARCOURS ATIAM DU MASTER «SCIENCES ET TECHNOLOGIES» (2E ANNÉE) .....	24
<b>CONSTRUIRE UNE RECHERCHE ARTISTIQUE.....</b>	<b>27</b>
LES COMPOSITEURS EN RECHERCHE MUSICALE .....	28
LA FORMATION DES COMPOSITEURS .....	30
DOCTEURS EN ARTS : À LA RECHERCHE D'UN NOUVEAU CADRE D'ACCUEIL POUR LA RECHERCHE MUSICALE .....	33

## **■ 3. L'IRCAM S'EXPOSE .....**

**35**

<b>LA FABRIQUE DU CONTEMPORAIN DANS LE SPECTACLE VIVANT .....</b>	<b>36</b>
<i>LA MÉTHAMORPHOSE</i> , OPÉRA DE MICHAËL LEVINAS .....	37
<i>QUARTETT</i> , OPÉRA DE LUCA FRANCESCO NI.....	37
<i>LUNA PARK</i> , SPECTACLE DE GEORGES APERGHIS .....	38
<i>LA NUIT DE GUTENBERG</i> , OPÉRA DE PHILIPPE MANOURY.....	39
FESTIVAL AGORA : CHRONIQUE DES TEMPS PRÉSENTS .....	40
<b>ACCESSIBILITÉ ET RENOUVELLEMENT DE LA DIFFUSION DES TECHNOLOGIES ET DES SAVOIRS .....</b>	<b>41</b>
UNE STRATÉGIE COMMERCIALE POUR DIFFUSER LES TECHNOLOGIES	
AUPRÈS DES UTILISATEURS LES PLUS LARGES .....	42
LES PLATE-FORMES ET LES SÉRIES DOCUMENTAIRES .....	44
LES COLLOQUES ET AUTRES ÉVÉNEMENTS ASSOCIÉS .....	45
<b>L'ÉDUCATION POUR LE JEUNE PUBLIC : DÉMOCRATISER LES USAGES ET LES TECHNOLOGIES .....</b>	<b>48</b>
L'ACTION SCOLAIRE.....	49
LES ATELIERS DE LA CRÉATION .....	50
LES PARCOURS DE MUSIQUE MIXTE .....	52
LES ACTIONS HORS LES MURS .....	53

## ■ 4. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

<b>L'UMR STMS</b> .....	<b>55</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>56</b>
SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT .....	56
PROJETS DE RECHERCHE EN COURS .....	59
<b>L'ACTIVITÉ RECHERCHE</b> .....	<b>60</b>
ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE .....	60
ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS .....	65
ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES .....	73
ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS .....	77
ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES .....	85
ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES .....	94
ÉQUIPE INTERACTIONS MUSICALES TEMPS RÉEL .....	100
ÉQUIPE INGÉNIERIE DES CONNAISSANCES MUSICALES .....	106
ATELIER MÉCANIQUE .....	109
<b>LES PRINCIPAUX LOGICIELS</b> .....	<b>110</b>
MODALYS .....	110
SPAT .....	111
SUPERVP .....	113
VOICEFORGER .....	114
AUDIOSCULPT .....	115
SVPX .....	116
BRASSYFX .....	117
IRCAMALIGN .....	118
IRCAMFILTER .....	119
MODULES D'INDEXATION AUTOMATIQUE .....	120
FTM .....	121
MUBU POUR MAX/MSP .....	122
IMTREDITOR .....	123
GF (SUIVI CONTINU) .....	124
IAE .....	125
SUPERVP POUR MAX/MSP .....	126
CATART .....	127
IRCAMDESCRIPTOR .....	128
FUZZYLIB .....	128
OPENMUSIC .....	129
OMAX .....	130
ANDESCOFO .....	131
ORCHIDÉE/ORCHIS .....	132
ATO-MS .....	133

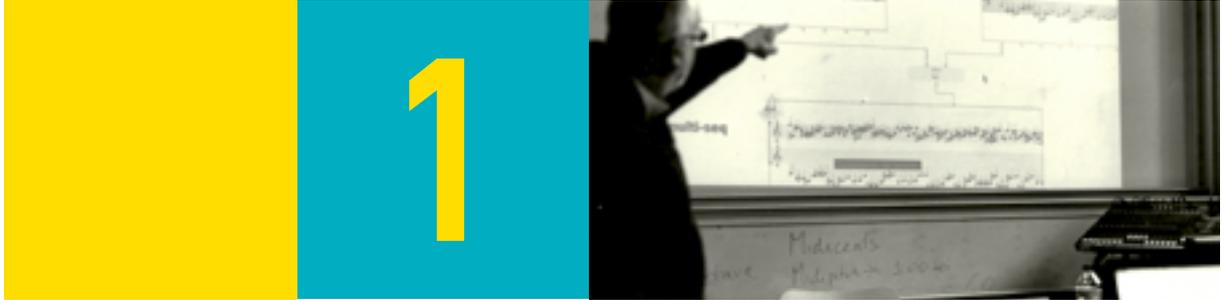
## ■ 5. LES RESSOURCES ..... 135

<b>LES RESSOURCES HUMAINES</b> .....	<b>136</b>
<b>LES MOYENS FINANCIERS</b> .....	<b>138</b>
<b>SERVICE INFORMATIQUE</b> .....	<b>141</b>

## ■ 6. ANNEXES ..... 145

<b>ŒUVRES PRÉPARÉES À L'IRCAM</b> .....	<b>146</b>
<b>SAISON PARISIENNE</b> .....	<b>150</b>
<b>AGORA 2011</b> .....	<b>152</b>
<b>TOURNÉES 2011</b> .....	<b>154</b>
<b>L'ÉQUIPE IRCAM</b> .....	<b>156</b>
<b>PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS</b> .....	<b>158</b>





# POLITIQUE GÉNÉRALE



# INTRODUCTION

---

## 2011 : L'IRCAM S'EXPOSE

Première année du nouveau mandat de la direction de l'Ircam et du nouveau cycle contractuel de l'Unité Mixte de Recherche, 2011 déploie les priorités d'action qui furent présentées en décembre 2010 : la dissémination des pratiques, des savoirs et des œuvres, la politique renforcée de réseaux et d'alliances artistiques ou scientifiques, l'élaboration d'unités-projets internes où convergent les travaux d'artistes, de scientifiques et l'ingénierie. 2011 a ainsi connu l'aboutissement de projets ambitieux élaborés de longue date au sein de l'Ircam en étroite relation avec les équipes de recherche. Nouvelle fabrique de l'opéra contemporain, l'Ircam a pu investir des scènes nationales et européennes très exposées : *Quartett* de Luca Francesconi à la Scala de Milan, *La Métamorphose* de Michael Levinas et Valère Novarina à Lille, *La Nuit de Gutenberg* de Philippe Manoury à l'opéra de Strasbourg, *Luna Park* de Georges Aperghis à l'Ircam en ouverture du festival 2011. Cette configuration exceptionnelle par son retentissement artistique assure un succès public considérable en 2011 à la saison parisienne, à Agora et aux tournées (71 dates en 2011). Ce contexte d'excellence se mesure également dans le domaine scientifique avec 12 projets, nationaux ou européens, acceptés. Parallèlement, les prix remportés par les chercheurs et par les thésards dans leur champ respectif révèlent la dynamique et surtout le renouvellement des projets de l'UMR. Mentionné dans le rapport « Technologies clés 2015 » du ministère de l'Industrie, l'Ircam y apparaît comme un laboratoire de référence dans les domaines de la réalité virtuelle et des interfaces Homme-Machine. En s'exposant explicitement et visiblement sur les fronts scientifique, artistique et pédagogique, l'Ircam de demain peut accroître considérablement son rayonnement. Précisément, les priorités d'action pour les prochaines années participent toutes de cet objectif.

Premier axe prioritaire, la dissémination des pratiques innovantes, des savoirs et des œuvres s'incarnait en 2011 dans l'élaboration d'une nouvelle académie pluridisciplinaire. Ce projet qui métamorphose le festival Agora, s'inspire de l'expérience de l'Ircam dans le domaine de la transmission (Cursus, Master Atiam, nouveau master en design sonore), mais aussi de la percée de l'institut de recherche sur les scènes du spectacle vivant (Avignon, opéras). Dès son élaboration, ce projet a réuni plusieurs partenaires importants de la culture, de la recherche et de la transmission, au premier chef, le Conservatoire National supérieur de Musique et de danse de Paris, l'Ensemble intercontemporain, le CENTQUATRE et le Centre Pompidou (Spectacles Vivants), ainsi qu'une série de partenaires en régions comme la Comédie de Reims et d'autres académies en Europe. Avec l'appui de la DGCA et de la Sacem, la reprise officielle de l'académie fondée par Claude Samuel en 1977 et l'intégration de l'équipe Acanthes ont catalysé ce projet en vue d'une ouverture en juin 2012. Cet événement pour la création et la formation réunira chaque année près de 80 artistes et chercheurs, les têtes d'affiches du festival dirigeant les ateliers de l'académie, les projets issus de l'académie pouvant nourrir des festivals ultérieurs.

La dissémination des outils et pratiques innovantes transite également par la poursuite de la valorisation industrielle (nouveaux Ircam Tools, lancement de la collection des IrcaMax en novembre 2011) et par la refonte du Forum des technologies, dont une partie des ateliers se déroulait pour la première fois hors les murs en 2011. La diffusion des œuvres est tributaire de la préservation de ce répertoire intégrant la technologie, une problématique cruciale que l'on retrouve dans la finalisation du projet Astrée et dans les avancées du projet Gamelan. Le développement des ressources en ligne parachève le dispositif de la transmission des savoirs : pour la première fois, l'Ircam a pu réaliser son propre site « ressources » qui met en valeur l'ensemble des savoirs cumulés et intégrés de l'Ircam : Bases Brahms, Archiprod, Catalogue, Architextes.

Deuxième priorité d'action, la politique d'alliances et de réseaux, pratiquée de longue date par l'Ircam de la création (Réseau Varèse) et de la recherche (consortiums) a gagné en importance avec la constitution du nouveau réseau *Ulysses*. Incité par la Sacem, organisé et piloté par l'Ircam en vue d'une soumission à la Commission européenne en octobre 2011, ce réseau inédit réunit plusieurs académies importantes en Europe. Il propose aux jeunes artistes des trajectoires structurées parmi ces lieux de transmission, prenant en compte la complémentarité des expériences. À l'image du voyage des artistes du XVIII<sup>e</sup> siècle visitant les ateliers de maître pour acquérir un savoir-faire, le parcours du jeune artiste au sein du réseau *Ulysses* lui permettra de se constituer une expérience professionnelle unique. Le réseau s'appuiera sur le développement d'une plate-forme en ligne, la « carte de navigation » entre partenaires du réseau mais aussi entre les artistes et les nouveaux publics de la création émergente.

Troisième priorité d'action, les unités-projets scientifiques et artistiques concernent très directement la dynamique interne de l'Ircam et sa configuration science-art-technologie. Transversales aux grandes entrées thématiques de l'UMR (Analyse-synthèse, Représentation et langages, Interaction, Fondements cognitifs), ces unités-projets engagent mutuellement le laboratoire et l'atelier de production. Mise en œuvre de la captation du geste ou de la voix de synthèse (Aperghis, Pagliei, De Mey), soutien à un projet d'artiste en résidence remportant un appel international (Thomas Grill, Ben Hackbarth), intégration de la synthèse vocale *Chant* dans l'environnement *OM Chroma* (opéra de Marco Stroppa), éditorialisation scientifique préparant un colloque transdisciplinaire (MCM, Mathématiques-Arts lors d'Agora 2011 impliquant le Palais de la Découverte)..., ce déploiement des diverses unités-projets dépasse la simple gestion par département ou la problématique personnelle d'un artiste isolé : leur efficacité repose entièrement sur les forces mobilisées à cet effet.

Ce faisceau d'actions prioritaires a été engagé simultanément à un redéploiement interne entrepris à l'automne 2011 et à une consolidation institutionnelle. Le département *IRC* (Interfaces Recherche Création) dirigé par Arshia Cont a pour mission essentielle de mettre en œuvre les programmes de la recherche musicale (compositeurs en résidence et en recherche), d'assurer les articulations entre création et recherche scientifique, et d'accomplir la refonte du Forum des technologies. Le *CRI* (Centre de Ressources Ircam), placé sous la responsabilité de Nicolas Donin, porte la cohérence éditoriale qui intègre toutes les bases de l'Ircam, ainsi que la gestion de la médiathèque. Le département Pédagogie et action culturelle, dirigé par Andrew Gerzso, reste au cœur de la transmission des savoirs et des pratiques, avec des partenariats confortés (Le Fresnoy, Esbam du Mans) ou amorcés (Fémis).

La consolidation institutionnelle concerne essentiellement l'UMR en 2011 : le soutien du CNRS se voit renforcé, tandis que le premier poste de professeur affecté à l'UMR par l'UPMC augure d'un nouvel élan avec la tutelle universitaire. L'intégration d'une équipe-projet Inria engage le projet de recherche sur les langages synchrones. L'Ircam est également présent dans des investissements d'avenir comme le Labex CAP (Création, arts et Patrimoines), l'Idex Sorbonne Université et le Labex SMART. Enfin, en devenant la tutelle principale de l'Ircam, la DGCA, a pu compenser au titre de 2011 la perte de 5 % du montant de la base de subvention issue du budget Patrimoine (via le Centre Pompidou).

Ces soutiens reconduits et amplifiés des trois tutelles de l'Ircam s'avèrent essentiels pour la poursuite d'une action cohérente d'ouverture et d'extension de l'Ircam dans les trois grands ensembles concentriques qui le définissent : la recherche musicale (le champ le plus dense), la recherche sonore (le champ le plus diversifié), et la recherche scientifique (le champ le plus vaste), traversé par les débats sociétaux, déterminant pour tous les enjeux de la connaissance.

# LE CONSEIL D'ADMINISTRATION

---

**Au 31 décembre 2011 :**

## PRÉSIDENT

**Alain SEBAN**, président de l'Association  
Président du Centre Pompidou

## MEMBRES

### ■ de droit

**Georges-François HIRSCH**,  
Directeur de la DGCA, ministère de la Culture  
et de la communication

**Philippe BAPTISTE**,  
Directeur scientifique de l'Institut des sciences  
informatiques et de leurs interactions (INS2I) au CNRS

**Robert PLANA**  
Chef du SSRI A3, ministère de l'Enseignement  
supérieur et de la Recherche

### ■ désignés

par le président du Centre Pompidou  
**Agnès SAAL**, trésorière de l'Association  
Directrice générale du Centre Pompidou

**Bernard BLISTÈNE**  
Directeur du Département du développement  
culturel, Centre Pompidou

par le ministre de la Culture et de la Communication  
**Michel FANO**, secrétaire de l'Association  
Compositeur

### ■ élus par l'Assemblée générale

**Laurent BAYLE**  
Directeur de la Cité de la musique

**Pierre BOULEZ**  
Compositeur  
Directeur honoraire de l'Ircam

**Jean-Charles POMEROL**  
Président de l'université Pierre et Marie Curie – Paris-6

**Renaud LEBLOND**

**Claude CADOZ**, directeur de l'ACROE (Association pour  
la création et la recherche des outils d'expression)

## ASSISTE - avec voix consultative

**Frank MADLENER**, directeur de l'Ircam

## ASSISTENT

**Gérard ASSAYAG**  
Directeur de l'UMR - STMS

**Michel MUCKENSTURM**  
Administrateur

**Hugues VINET**  
Directeur scientifique de l'Ircam

## Représentant du personnel de l'Ircam

**Laurent ECHAUZIER**  
Commissaire aux comptes

**Maurice BESTOSO**  
Contrôleur Financier, ministère de la Culture  
et de la Communication

**Daniel BECARD**, adjoint aux Établissements publics,  
département de contrôle budgétaire, ministère de la Culture  
et de la communication

**Christophe DESSAUX**  
Chef de la Mission recherche et de la technologie,  
délégation au développement et aux affaires Internationales,  
ministère de la Culture et de la communication

## LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

La composition du conseil scientifique de l'Ircam, renouvelée en décembre 2011 pour deux ans, est la suivante :

Nom	Prénom	Pays	Affiliation
Beaudouin-Lafon	Michel	F	Prof. univ. Paris-11 - LRI
Berger	Jonathan	USA	Prof. CCRMA, UC Stanford
Berry	Gérard	F	DR INRIA
Blauert	Jens	D	Prof. Émérite, univ. Bochum
Dessaux	Christophe	F	DREST, ministère de la Culture et de la communication
Dubus	Bertrand	F	Prof. ISEN
Hasler	Martin	CH	Prof. émérite, EPFL
Johnson	Patrick	F	Dir. recherche Dassault Systèmes
Leman	Marc	B	Prof. univ. de Gand
Maître	Henri	F	Prof. Télécom ParisTech
Naffah	Najah	F	Naffah Consulting
Polack	Jean-Dominique	F	Prof. UPMC, Institut d'Alembert
Poirier	Alain	F	CNSMDL
Truchetet	Frédéric	F	Prof. univ. de Bourgogne
Van Roy	Peter	B	Prof. univ. Louvain
Wessel	David	USA	CNMAT, UC Berkeley

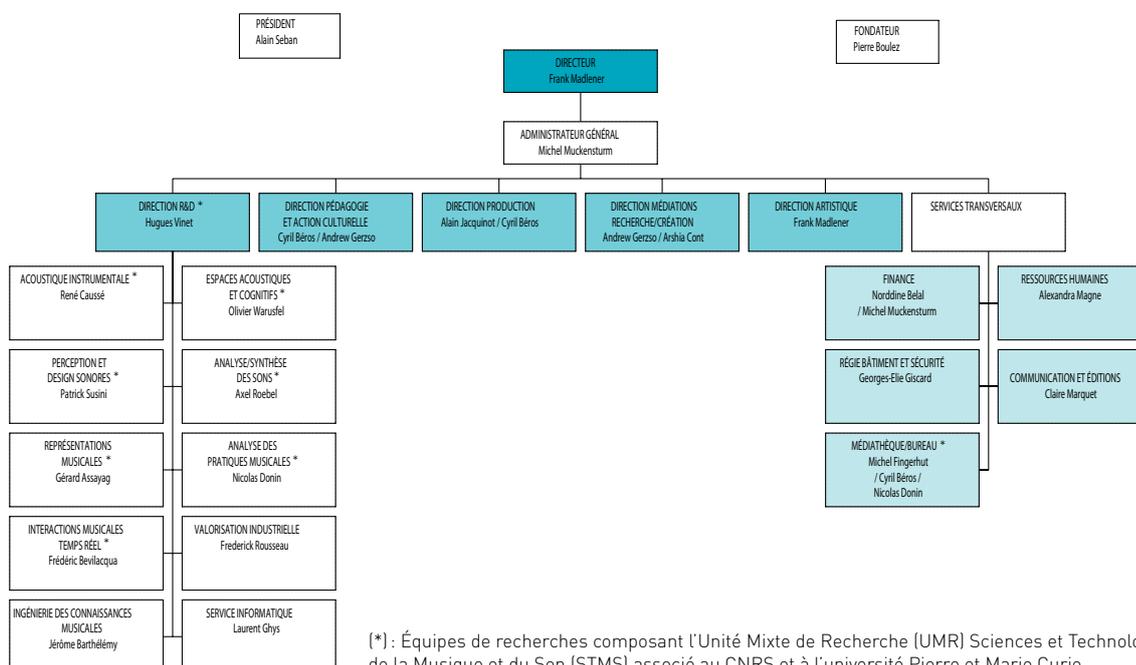
Le conseil scientifique s'est réuni les 13 et 14 décembre 2011 sous la présidence du Professeur Martin Hasler. Le rapport de synthèse qu'il a fourni comporte l'évaluation générale suivante :

«L'Ircam est un institut d'excellente qualité. Il est unique par la collaboration effective et institutionnalisée entre les artistes et les scientifiques. Les travaux scientifiques sont dans l'ensemble de toute première qualité au niveau international, publiés dans des revues et des conférences prestigieuses. L'insertion institutionnelle de l'UMR-STMS dans la communauté de la recherche française a progressé de manière significative et les propositions de projets auprès des bailleurs de fonds français et européens rencontrent toujours un succès remarquable. Les logiciels de qualité distribués de différentes manières assurent également une visibilité chez les praticiens de l'informatique musicale.

Le conseil scientifique espère que l'institut pourra garder sa place privilégiée et son rayonnement malgré une concurrence internationale accrue. [...]

Il y a également le défi financier. D'une certaine façon, l'Ircam est victime de son succès. Le personnel permanent n'est plus que partiellement soutenu par l'apport financier institutionnel des tutelles, le manque étant comblé par les projets de recherche financés par des tiers. Cette situation est potentiellement instable, car soumise aux aléas de la sélection des projets des organismes qui financent la recherche. Nous pensons que l'Ircam mérite le soutien institutionnel le plus fort possible, étant donné que son rayonnement dans la société dépasse largement le domaine de la musique contemporaine.»

# L'ORGANIGRAMME



En 2011, l'Ircam a enregistré des mouvements de personnel importants pour son organisation. Une nouvelle génération a pris la relève suite au départ de certains directeurs de la génération des pionniers qui a façonné l'histoire de l'institut, comme le directeur de la Production, le directeur de la Médiathèque et le directeur financier. D'autre part, la reprise de l'activité de l'académie Acanthes a permis à l'Ircam d'intégrer trois collaborateurs de l'association ACDA dès septembre 2011.

## ■ Les effectifs 2011 en ETP :

La communauté de travail de l'Ircam est stable. L'équipe permanente en représente 53 %. Le laboratoire de recherche intègre dans sa structure une large communauté de stagiaires, doctorants, chercheurs invités et salariés détachés.

Le nombre de salariés en CDD est en réduction principalement au sein du département Recherche et développement, compensé par l'arrivée de chercheurs invités et de salariés détachés. Le nombre de salariés détachés par le CNRS est passé ainsi de 7 à 8 début 2011.

Départements	Salariés		Non Salariés				Total
	CDI	CDD	Stagiaires	Doctorants	Chercheurs invités	Salariés détachés	
Recherche & Développement	31	14	10	22	6	11	93
Création	18	8	1	0	0	0	27
Pédagogie	8	1	0	0	0	0	9
Médiations	9	0	0	0	0	0	9
Médiathèque	2	0	0	0	0	1	3
Communication Éditions	5	0	0	0	0	0	5
Services Généraux	15	1	0	0	0	0	16
<b>TOTAL</b>	<b>87</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>163</b>
Effectif 2010	88	30	13	21	2	10	164
Évolution	-1	-6	-1	1	3	2	-2

# RAPPORT D'ACTIVITÉ 2011

## CHIFFRES CLÉS

### PERSONNES

**163** personnes employées  
(en équivalent temps plein)

**7** thèses de doctorat  
et HDR soutenues

### PUBLICATIONS

**41** articles pour  
des revues à comité  
de lecture

**94** conférences dans  
des congrès nationaux et  
internationaux

**23** ouvrages scientifiques  
ou chapitres d'ouvrages

### CRÉATIONS : CONCERTS ET SPECTACLES

**97** concerts et spectacles

Dont

**10** en saison

**16** lors du festival Agora

**71** en tournée (dont  
31 pour *Le Mage en été*)

**35 460** spectateurs

### DIFFUSION WEB

**356 777** brahms.fr

**264 965** ircam.fr

**104 209** médiathèque.fr

**725 951** soit

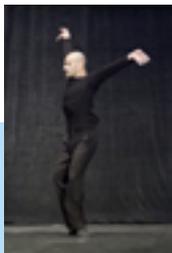
**1 989** visiteurs par jour  
en 2011

15, 17, 18, 20, 22, 23 janvier  
**Exercices du silence, Berlin,**  
Staatsoper Im Schiller Theater.  
Création de l'œuvre de Brice Pauset  
dans sa nouvelle version voix, piano  
et électronique.



Détail de *La Mélancholie* de Domenico Fetti

27 janvier  
**Double Points : OYTIS à la Cité  
de la musique.**  
Emio Greco / Hanspeter Kyburz.  
Exploration de l'interaction musique et  
danse entre deux créateurs férus de  
formalisme et ouverts à l'imprévisible.



© Mark Wohrab

février  
**L'Ircam sur Dailymotion.**

2 mars  
**Les Solistes, Centre Pompidou,  
Nouveau festival.**  
L'Ensemble intercontemporain et  
l'Ircam proposent un programme  
entre virtuosité instrumentale, pari  
technologique et analogie scientifique.



©NASA

7, 9, 11, 13, 15 mars  
**La Métamorphose, Opéra de Lille.**  
De Michael Lévinas d'après Kafka.  
Le compositeur opère un travail  
sur la langue pour révéler  
sa vocalité lyrique.

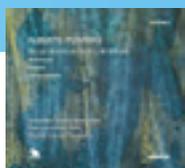


© Jean Radel

20 mars  
**Les sept paroles, Bruxelles,  
festival Ars Musica.** Reprise de  
l'œuvre pour orchestre grand  
chœur et chœurs virtuels  
de Tristan Murail.

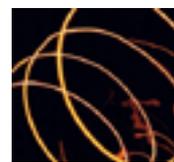


© Elisabeth  
Schneider



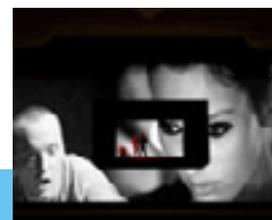
30 mars  
Publication :  
**La sortie du disque**  
**Glossopoeia** fait suite à la création  
en décembre 2009 de *Glossopoeia*,  
réunion de la danse de la musique  
électro-acoustique et de la vidéo,  
rencontre entre Alberto Posadas  
et Richard Siegal.

15 avril  
**Création de Fanfare chimérique,**  
**Centre Pompidou.** Unsunk Chin  
fusionne l'électronique et  
un ensemble de vents.



© John Fox

26, 28, 30 avril, 5 et 7 mai  
**Quartett, La Scala de Milan**  
De Luca Francesconi,  
d'après Heiner Muller. L'électronique  
de l'Ircam investit les lieux de  
la tradition lyrique.



© Marthe Lemelle

Février, mars, avril  
**Un Mage en été, tournée française.**  
Succès en diffusion de cette création  
d'Olivier Cadiot du festival d'Avignon 2010.  
Spectacle qui, avec l'aide de l'Ircam,  
modifie la voix et les espaces au théâtre.

**SUONA**  
FESTIVAL  
**FRANCESE**

Du 5 au 16 avril  
**Suona Francese – l'Ircam en Italie :**  
**Turin, Venise, Milan, Trente, Rome.**  
Série de conférences de compositeurs  
italiens qui font découvrir les nouvelles  
technologies pour la création sonore.

8 au 18 juin

### Festival Agora

Rendez-vous de l'innovation et de l'imaginaire artistique, Agora 2011 éclaire les relations entre mathématiques et arts, entre logique et invention.

Le festival réunit des singularités artistiques (Pierre Boulez, Emmanuel Nunes –dont l'Ircam marquera le 70<sup>e</sup> anniversaire–, la figure de Karlheinz Stockhausen, la création émergente...) et des chercheurs de renom comme le mathématicien Alain Connes et le philosophe Alain Badiou.



© Jean-Michel Albert



© Mamco, Genève.  
Photo: I. Kalkkinen, Genève

15 au 17 juin

### Colloque MCM 2011.

Troisième conférence internationale « Mathematics and Computation in Music » (MCM 2011), plate-forme multidisciplinaire dédiée à la communication et aux échanges d'idées entre les acteurs impliqués dans l'application des mathématiques aux arts et à la musique.



©DR

13 août

### Speakings, Festival International d'Edimbourg.

Nouvelle reprise de la création de Jonathan Harvey.



Du 19 au 23 septembre  
**DAFx 2011.**

Conférence scientifique internationale réunissant les spécialistes du traitement sonore.

5, 7, 8 octobre

### Festival Musica.

Tensio et Noon de Philippe Manoury, Luna Park de Georges Aperghis.



1<sup>er</sup> novembre

### Le nouveau site Ressources de l'Ircam

fedère, via une interface commune, l'ensemble des bases de références de l'Ircam.



24, 27, 29 septembre et 8 octobre

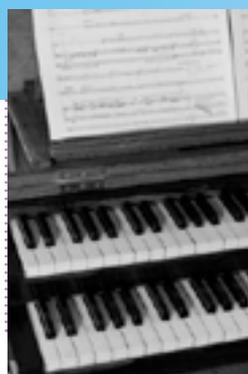
### La Nuit de Gutenberg, Opéra national du Rhin / La Filature de Mulhouse.

Nouvel opéra de Philippe Manoury. Des sumériens à Internet, l'appropriation des technologies nouvelles et l'imaginaire des artistes.



24 au 30 septembre

**La Biennale de Venise** invite l'Ircam pour une série d'ateliers destinés aux jeunes compositeurs italiens.



© Jean Radel

15 et 20 octobre

### Concerts Tremplin.

De jeunes compositeurs réalisent leurs projets avec l'Ensemble intercontemporain et l'Ircam.



© Georges Rousse

15 décembre

### acanthes@ircam

Sélection des jeunes compositeurs des ateliers de composition 2012.

# 2011 en images





## **UNE STRATÉGIE D'INSCRIPTION SOCIALE ET DE RENFORCEMENT INSTITUTIONNEL**



## RENOUVELLEMENT DES ACTIVITÉS DE LA RECHERCHE

### UMR STMS ET COLLABORATIONS INSTITUTIONNELLES

#### ■ Inauguration d'un nouveau cycle triennal pour l'UMR STMS

L'année 2011 inaugurait le démarrage d'une nouvelle période contractuelle pour l'UMR STMS (Sciences et technologies de la musique et du son) prévue pour 3 ans jusqu'à 2013, afin de permettre le commencement en 2014 d'une nouvelle période en phase avec celle de l'université Pierre et Marie Curie (UPMC), tutelle universitaire de l'UMR depuis 2010.

La structure de direction de l'UMR pour cette nouvelle période est la suivante :

- directeur : Gérard Assayag
- directeur adjoint : Hugues Vinet

Hugues Vinet, directeur scientifique de l'Ircam, ayant atteint la limite des 3 mandats successifs autorisés par les statuts du CNRS.

La structure des équipes intégrées à l'UMR est restée inchangée ; un certain nombre de nouveaux collaborateurs de l'Ircam (ingénieurs, administratifs, techniciens), présents dans les équipes, ont été affectés aux effectifs de l'UMR ; la répartition des apports des tutelles de l'UMR, intégrant celui de l'Ircam comme tutelle hébergeuse (bâtiment, infrastructure, administration) était la suivante début 2011 : 81 % Ircam ; 13 % CNRS ; 6 % UPMC.

Le nouveau projet de recherche de l'UMR pour cette période se structure autour de 4 orientations thématiques transversales, fédérant les travaux de recherche des différentes équipes en lien pour les trois premières avec les grandes thématiques de la création à l'Ircam pour cette période (matériau, écriture, interaction) :

- Analyse, synthèse et traitements sonores : modèles de signaux, synthèse et traitement de la voix, indexation musicale, acoustique, synthèse par modélisation physique, spatialisation sonore ;
- Représentations et langages : représentations et langages informatiques pour l'aide à l'écriture, le contrôle de la synthèse et du traitement sonores, la formalisation et l'exécution de processus temporels et interactifs ;
- Interaction musicale, sonore et multimodale : étude du geste et de l'interprétation, dispositifs d'interaction faisant intervenir la modalité sonore ;
- Fondements cognitifs, théoriques et musicologiques : psychologie cognitive (audition, cognition intermodale), musique et mathématiques, musicologie et anthropologie cognitive, design sonore.

### RENOUVELLEMENT DES MOYENS ET DES OBJETS DE RECHERCHE

La compétitivité des activités de R & D de l'Ircam au niveau international implique, en termes de moyens, le maintien et le développement d'une masse critique de chercheurs et ingénieurs au meilleur niveau, et, dans leur contenu, le renouvellement permanent des objets de recherche actualisant le caractère distinctif des travaux en lien avec les attentes de la création à l'Ircam, et plus largement avec les grands enjeux sociétaux des STMS. Des avancées notables ont été obtenues en 2011 sur ces deux lignes d'objectifs, grâce au renforcement et à l'extension des collaborations institutionnelles de l'UMR, d'un effort particulier investi dans le montage de nouveaux projets de R & D avec un fort taux de succès, et le renouvellement des effectifs de doctorants.

#### ■ Collaborations institutionnelles

##### CNRS

L'apport du CNRS à l'UMR STMS a été renforcé par la promotion d'Isabelle Viaud-Delmon au corps de directeur de recherche, dans le cadre du concours externe et par l'affectation début 2011 de Jean-Louis Giavitto, directeur de recherche, à l'équipe Représentations musicales, portant à 8 le nombre de collaborateurs du CNRS présents à l'Ircam.



##### UPMC

Le premier poste de professeur affecté à l'UMR par l'UPMC en 2010 a fait l'objet d'une procédure de sélection ayant abouti au recrutement de Carlos Agon qui a pris ses fonctions au 1<sup>er</sup> janvier 2012. Un poste de Maître de conférences en Apprentissage pour le traitement de la parole et des signaux a été classé par la Faculté d'ingénierie parmi les priorités de recrutement pour 2012, mais n'a finalement pas été retenu dans les arbitrages finaux. Il convient également de mentionner l'apport de l'UPMC dans le projet d'équipement de l'Espace de projection en dispositifs de reproduction sonore avancés, s'ajoutant aux apports de la Région Ile-de-France, du CNRS et de l'Ircam.



### Projet MuSync INRIA

La direction du CNRS (Institut INS2I) ayant donné en cours d'année son accord à l'instruction du dossier, le projet MuSync porté par Arshia Cont, visant l'intégration, dans l'équipe Représentations musicales, d'une équipe-projet commune (EPC) consacrée aux applications des langages synchrones à l'interaction musicale, a été soumis pour évaluation auprès des instances de l'INRIA et des tutelles de l'UMR. Le démarrage d'une équipe préfigurant l'EPC a été lancé début 2012.

### Investissements d'avenir

Les équipes de l'Ircam avaient candidaté à plusieurs lignes d'appel de ce programme lancé par le ministère de la Recherche. Plusieurs d'entre eux ont été sélectionnés :

- le Labex CAP (Création, Arts et Patrimoines), coordonné par l'université Paris-1 Panthéon-Sorbonne, et présenté par le PRES HeSam, auquel participe l'équipe Analyse des pratiques musicales, a démarré ses activités dans l'année ;
- l'Idex Sorbonne Université, auquel participe l'UMR STMS au titre de son rattachement à l'UPMC, a été retenu dans la seconde vague de sélection ;
- le Labex SMART (Smart human/machine/human interactions in the digital society), auquel participent des chercheurs de plusieurs équipes de l'Ircam (IMTR, EAC, PDS, RepMus), a été sélectionné et commencera ses activités en 2012.

### ■ Projets de R & D européens et nationaux

Dans un contexte de financement de plus en plus tendu, un effort sans précédent a été investi par l'ensemble des chercheurs pour monter et soumettre des projets à plusieurs appels d'offres nationaux et européens, notamment le programme non thématique de l'ANR. En dépit du caractère de plus en plus sélectif des appels, de nombreux projets ont été remportés avec un fort taux de succès – 12 projets au total acceptés (plus un actuellement en liste d'attente), représentant un financement total de l'ordre de 3 M€, se décomposant en :

- 3 projets européens présentés au Call 7 ICT : 3DTVS, MIREs, Verve ;
- 6 projets présentés aux appels non thématiques de l'ANR : Cagima, Hamecmopsys, Houle, Imarev, Legos, Loudnat ;
- 1 projet présenté aux appels FEDER du Pôle de compétitivité Cap Digital : Voice4Games ;
- 3 projets présentés au programme Contenus et interactions de l'ANR, dont 2 sélectionnés (Inedit et Physis) et un en liste d'attente (Wave).

De plus, un projet présenté à l'appel FUI (Bee Music) a été évalué favorablement et redirigé vers le second appel à projets Numérisation du ministère de l'Industrie.

Au-delà du nécessaire apport en moyens attendu, il est à noter que ces différents projets contribuent pour une part importante au renouvellement des thématiques de recherche des équipes, y compris dans leurs collaborations entre elles et le recrutement de nouveaux doctorants.

### ■ Soutenances et renouvellement des doctorants

Patrick Susini (équipe Perception et design sonores) et Moreno Andreatta (équipe Représentations musicales) ont soutenu dans l'année leur Habilitation à diriger les recherches.

6 thèses de doctorats ont été soutenues dans l'année par Marcelo Caetano (AnaSyn), Baptiste Caramiaux (IMTR), Adrien Daniel (EAC), Aurélie Frère (PDS), Nicolas Obin (AnaSyn), Joseph Sanson (EAC).

Le renouvellement des effectifs a été assuré par l'intégration depuis octobre 2011 de 10 nouveaux doctorants :

Sara Adhytia (PDS), Florie-Anne Baugé (Ac. Instr), Simon Benacchio (Ac. Instr), Eric Boyer (IMTR/PDS), José-Manuel Echeveste (RepMus), Jules Françoise (IMTR), Ianis Lallemand (IMTR), Wei-Hsiang Liao (AnaSyn), Thibaut Meurisse (Ac. Instr), Marine Taffou (EAC).

### PRIX ET CITATIONS

Les travaux de recherche et de développement de l'Ircam ont remporté en 2011 de nombreux prix et ont fait l'objet de plusieurs citations :

- le prix de la Fondation des Treilles a été décerné à la thèse de doctorat de Nicolas Obin (équipe Analyse/synthèse) intitulée : MeLos : Analysis and Modelling of Speech Prosody and Speaking Style ;
- le EAA Best Paper and Presentation Award a été décerné à Pauline Eveno (équipe Acoustique instrumentale) pour l'article : P. Eveno, J.-P. Dalmont, R. Caussé, J. Gilbert : Comparisons between models and measurements of the input impedance of brass instruments bells ;



© La Recherche/Thomas Salva

- le projet Antescofo, conduit par Arshia Cont (équipes Interactions musicales temps réel puis Représentations musicales), portant sur de nouvelles méthodes de suivi de partition pour la réalisation d'œuvres mixtes, a remporté le prix spécial du jury du magazine La Recherche en 2011 ;
- les travaux issus du projet ANR Interlude, combinant la réalisation du système de captation modulaire sans fil MO et de logiciels de suivi de geste et de synthèse sonore temps réel (coordinateur : Frédéric Bévilacqua, équipe Interactions musicales temps réel), ont reçu le 1<sup>er</sup> prix de l'édition 2011 du concours international Margaret Guthman Musical Instrument, qui récompense la conception de nouveaux instruments de musique (GeorgiaTech, USA) ;
- les recherches sur la recherche d'informations musicales conduites dans l'équipe Analyse/synthèse ont remporté une nouvelle fois les premières places dans de nombreuses catégories du concours international MIREX'11 ;
- le projet Sample Orchestrator a été cité par l'ANR parmi les avancées scientifiques majeures du programme Contenus et interactions dans son rapport d'activité 2006 publié en 2011. Outre ses travaux sur l'aide à l'orchestration, l'un des principaux aboutissements du projet est la commercialisation en 2011, par la société américaine Mark of the Unicorn, d'un échantillonneur logiciel innovant, UVI Engine 3 développé par la PME française Univers Sons et qui inclut des technologies de l'Ircam ;
- l'Ircam a été mentionné dans le rapport « Technologies clés 2015 » du ministère de l'Industrie comme laboratoire de référence dans les domaines « réalité virtuelle » et « interface homme-machine », ainsi que, indirectement à travers le grand projet Quaero, sur l'indexation multi-média.

## L'IRCAM ET SES RÉSEAUX

---

L'Ircam est une tête de réseau active qui initie des projets innovants qui participent au succès de ses missions d'intégration de la recherche et de la création musicales, sa diffusion et son inscription sociale.

Par son Coursus, élargi en 2008, l'Ircam est impliqué quotidiennement par l'émergence de nouvelles signatures et par la relation qui se noue entre le compositeur et les interprètes de demain. Aujourd'hui en Europe, il existe un grand nombre d'académies dédiées aux jeunes compositeurs et interprètes (résidences, universités d'été, sessions de travail avec des ensembles, séminaires de composition). Si elles varient par leur durée (de trois jours à trois semaines, ou adoptant un processus échelonné sur plusieurs mois), par leurs moyens et par leurs statuts, elles partagent une préoccupation commune : soutenir la trajectoire de jeunes artistes entre leur sortie de formation initiale et leur insertion professionnelle. En ce sens, elles remplissent deux fonctions :

- une fonction de « métier », par la constitution d'un début de catalogue à travers la création d'œuvres nouvelles et le travail avec des musiciens professionnels ;
- une fonction de « révélation et positionnement », par la rencontre entre compositeurs d'une même génération et artistes de la maturité et au travers des instances de sélection (comité de lecture, concours, prix, résidence) qui ouvrent la voie à une reconnaissance artistique et publique.

Ce processus incertain et souvent très long incite l'artiste à enchaîner les académies en Europe suivant un parcours hasardeux ou répétitif. Pour dépasser l'isolement de l'artiste et de l'académie qui fonctionne en autarcie, il faut relever aujourd'hui trois enjeux essentiels :

- trajectoires internationales : favoriser l'accomplissement et l'insertion professionnelle de jeunes créateurs en suscitant des logiques de complémentarité entre ces lieux de professionnalisation ;
- médiations et nouveaux relais : replacer l'interprète au cœur de ce processus d'expérimentation dans la durée, créer des liens entre compositeurs et artistes d'autres disciplines de la scène ;
- rayonnement : faire circuler les œuvres à travers l'Europe, rendre visible le travail issu des académies au-delà de la musique contemporaine, donner une dimension internationale aux artistes émergents.

La première réponse à ces enjeux passe par la création d'un réseau européen.

La deuxième réponse consiste à repenser le contenu même d'une académie de la création en France, à vocation internationale.

## RÉSEAU ULYSSES : RÉSEAU DES LIEUX EUROPÉENS DE PROFESSIONNALISATION DE LA JEUNE CRÉATION

# ULYSSES

Parrainé par la Sacem et coordonné par l'Ircam, le réseau Ulysses a été initié au début de l'année 2011 en vue d'obtenir un soutien européen (Commission) en 2012. Ce réseau fédère l'action de partenaires européens fortement engagés dans le repérage, le soutien et la promotion de la jeune création musicale. Ce réseau inédit d'académies, summer schools, programmes de soutien et de diffusion liés à des ensembles ou des festivals, propose aux jeunes artistes des trajectoires structurées, prenant en compte la complémentarité des expériences à l'intérieur du réseau. Par sa dimension européenne, il rompt avec l'isolement de l'action des lieux de formation tout en leur conférant un rayonnement accru en direction des publics.

Le réseau s'est choisi le nom d'Ulysses, figure européenne d'un parcours emblématique et symbolique, incarné dans des aventures humaines et artistiques concrètes. À l'image du voyage européen des artistes du XVIII<sup>e</sup> siècle visitant les ateliers de maîtres pour acquérir un savoir-faire, le parcours du jeune artiste au sein du réseau Ulysses lui permettra de se constituer une expérience professionnelle unique. Ces lieux formeront autant d'étapes spécifiques pour parfaire ses compétences artistiques, pour bénéficier de parrainages au contact des grands compositeurs et des interprètes internationalement reconnus, pour trouver le temps d'expérimenter des voies nouvelles, pour faire connaître ses œuvres et rencontrer de nouveaux publics, pour tisser son réseau professionnel. Enfin, le réseau Ulysses s'appuiera sur le développement d'une plate-forme en ligne qui fera office de « carte de navigation » entre les partenaires du réseau mais aussi entre les jeunes compositeurs et les nouveaux publics de la création musicale. Comme base de données publique sur les compositeurs et leurs œuvres, plate-forme d'échanges pour les producteurs et diffuseurs en Europe, outil de gestion des comités de lecture partout en Europe, cette plate-forme répondra à des besoins professionnels identifiés et partagés.

Le dossier Ulysses a été soumis à la Commission européenne à l'automne 2011 et prévoit les activités décrites ci-dessous.

- « Meet and Create » (« rencontre et création ») : des résidences européennes pour jeunes artistes  
Cette activité soutient l'accueil et le travail dans la durée entre les jeunes créateurs, les musiciens reconnus et les grandes figures internationales de la création. Le programme favorise également la mobilité des artistes et de leurs œuvres entre les lieux du réseau.
- « Beyond Limits » (« au-delà des limites ») : circulation des œuvres au-delà des frontières  
Cette activité soutient le développement de la dimension européenne des carrières des artistes (commandes d'œuvres croisées) et l'appropriation de la création par les grands artistes et lieux de diffusion de la musique classique (orchestre, chœurs, scènes européennes...).
- « Not Alone » (« pas seul ») : nouvelles formes artistiques à travers des activités interdisciplinaires  
Cette activité soutient la production de nouvelles formes d'œuvres à signatures multiples qui croisent la musique et d'autres disciplines des arts de la durée (vidéo, danse, théâtre) ainsi que leur insertion dans des contextes autres que le concert (arts numériques et interdisciplinaires, spectacle vivant).
- « Design the Future » (« concevoir l'avenir »)  
Cette activité soutient la production de créations spécifiquement conçues pour et avec de très jeunes musiciens et/ou un très jeune public, dans l'objectif de sensibiliser les amateurs à la création dès leur plus jeune âge et de constituer ainsi un futur public curieux et ouvert.
- La plate-forme Ulysses  
Développée par l'Ircam, la plate-forme Ulysses est un outil informatique ouvert, directement accessible sur internet. Orientée « jeune création », cette interface de gestion permet aux candidats de créer en ligne un profil personnalisé et personnalisable et de postuler aux concours voulus. La plate-forme donne également aux membres de jury la possibilité d'évaluer en ligne, et à la structure organisatrice de suivre le déroulement des notations directement depuis la plate-forme.  
Cette plate-forme est un outil de partage et d'évaluation adapté aux réalités du secteur musical. Initialement créée pour répondre à des besoins propres à l'Ircam, cette interface est modulable et peut être utilisée par d'autres structures, désireuses elles aussi d'effectuer leurs sélections de compositeurs ou d'interprètes grâce à un outil en ligne. L'ambition à terme : créer un véritable réseau d'utilisateurs, fédérant ainsi une communauté solide d'institutions utilisatrices et représentatives du secteur.

### ■ Chiffres-clés du Ulysses Network

- 14 co-organisateurs, issus de 10 pays européens ;
- 50 partenaires associés, en Europe et au-delà ;
- 75 jeunes artistes concernés par le programme sur la période 2012-2016 ;
- 18 commandes pour de grands interprètes ou des formes nouvelles ;
- 45 solistes, ensembles ou orchestres soutenus ;
- + de 100 reprises des œuvres à travers l'Europe ;
- Un budget global de 4 200 000 €, soutenu à hauteur de 2 000 000 € et soumis à la Commission européenne pour la période 2012-2016.

### ■ Partenaires

Placé sous le parrainage de la Sacem, le réseau est coordonné par l'Ircam.

Il réunit :

IEMA (International Ensemble Modern Academy, Francfort, Allemagne), Internationale Musiktage (Darmstadt, Allemagne), IKI/Hochschule für Musik (Hambourg, Allemagne), Impuls (Academy for Contemporary Music, Graz, Autriche), Flagey (Bruxelles, Belgique), Time of Music (Vitsaari, Finlande), Ircam (Institut de recherche et coordination acoustique/musique, Paris, France), Fondation Royaumont/Voix Nouvelles (Asnières-sur-Oise, France), Aldeburgh Festival and academy (Aldeburgh, Grande-Bretagne), Academia San Fedele (Milan, Italie), Divertimento Ensemble (Milan, Italie), International workshop for young composers/ Free music agency (Mazsalaca/Riga, Lettonie), Gaudeamus Muziek Week (Utrecht, Pays-Bas), Budapest Music Center (Budapest, Hongrie).

Une cinquantaine d'institutions partenaires associées représentant une grande partie des pays de l'Union européenne participera aux projets initiés par le réseau, notamment en termes de coproduction et de diffusion.

## CONSTRUCTION D'UNE ACADEMIE DE LA CRÉATION À VOCATION INTERNATIONALE : REPRISE DE L'ACADEMIE ACANTHES PAR L'IRCAM

Depuis 2010, l'Ircam portait le projet d'une académie pour les compositeurs émergents et pour les interprètes, placés dans le contexte pluridisciplinaire des « arts de la durée » (théâtre, danse, littérature, vidéo, arts numériques). Inscrit au cœur du deuxième mandat de l'actuelle direction de l'Ircam, présenté au Conseil d'administration le 9 décembre 2010, ce projet d'académie s'appuie sur la réussite et l'impact du Coursus de l'Ircam et sur des discussions initiées entre une vingtaine d'académies européennes. Les perspectives ouvertes avec le CNSMDP et l'Ensemble intercontemporain quant à la formation des interprètes, les échanges simultanés avec Claude Samuel autour de l'avenir d'Acanthes dont il fut le fondateur, ont abouti à l'automne 2011 à la cession de l'activité Académie en faveur de l'Ircam, une nouvelle direction soutenue par la DGCA et de la Sacem. Les principes fédérateurs constituant la singularité de cette nouvelle académie sont les suivants :

- soutien aux projets collaboratifs à plusieurs signatures (danse et électronique) ;
- rôle central de l'interprète, enjeu central de la technologie intégrée au spectacle vivant ;
- articulation entre académie et festival, entre formation et création ;
- alliances pluridisciplinaires pour élargir le champ, les moyens et la légitimité de l'académie.

L'académie doit pouvoir bénéficier d'un lieu central suffisamment vaste, d'un environnement artistique intense (le festival de juin de l'Ircam) et d'une identité propre, affirmée internationalement. Le principe général de la programmation consiste à confier la direction des ateliers de l'académie aux têtes d'affiche du festival. En retour, les éditions ultérieures du festival pourront être nourries par des projets issus de l'académie. L'académie annuelle à Paris accueillera une quarantaine de compositeurs et une quarantaine d'interprètes, ainsi que des acteurs du spectacle vivant (chorégraphes et danseurs, metteurs en scène et acteurs, ingénieurs son). Les types d'activités sont multiples : master classes, conférences transversales, colloques et journées d'études, sorties d'ateliers et créations.

## L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR RENFORCÉ

L'année 2011 a vu la mise en œuvre d'une formation inédite concernant le design sonore, en partenariat avec l'EPCC École supérieure des Beaux Arts Tours-Angers-Le Mans, l'ENSCI-les Ateliers (École nationale supérieure de création industrielle) et le LAUM (laboratoire d'acoustique de l'université du Maine).

### DNSEP VALANT GRADE DE MASTER DESIGN SONORE

#### ■ Chiffres clés

- 6 étudiants ;
- 7 ECTS ;
- 1 workshop thématique de 4 jours pour les L3 ;
- 1 workshop applicatif de 2 semaines pour les M1 ;
- partenaires : EPCC Tours-Angers-Le Mans, ENSCI-les ateliers, Laum

#### ■ Partenariats

Le pool original de partenaires regroupant une école d'art, une université, une grande école de design et un institut de recherche en pointe sur la question du design sonore a permis de concevoir une formation diplômante en deux ans couvrant les domaines variés de connaissances scientifiques, méthodologiques et culturelles nécessaires à l'exercice du métier sur le site du Mans. L'intégration à cette nouvelle filière en design sonore se fait sur concours, à l'entrée de la 4<sup>e</sup> année de l'École supérieure des Beaux-Arts, et débouche après deux ans d'études, sur l'obtention d'un DNSEP mention Design sonore (Diplôme national supérieur expression plastique), habilité par le ministère de la Culture et de la communication et valant grade de Master.

La formation donne en outre une place très importante (plus de la moitié du temps) aux travaux en ateliers, aux projets personnels des étudiants et à la mise en situation professionnelle, au travers de sessions projets et de rencontres avec des professionnels, de stages en entreprise ou dans des laboratoires.

#### ■ Workshop applicatif

Encadrement : Roland Cahen (ENSCI), Ludovic Germain, Olivier Houix, Philippe Langlois (ESBAM), Jean Lochard (Ircam)

Il s'agissait pour les étudiants de l'École des Beaux-arts et de l'ENSCI de se plonger dans un véritable projet de design sonore en partenariat avec un industriel. Deux études de cas ont été proposées aux étudiants qui devaient apporter des réponses sonores aux questions posées par le partenaire industriel (notamment : comment rendre plus durable la pratique sportive utilisant des produits d'appartement). Ils ont exploré diverses pistes comme la narration, l'expression musicale, le « re-design » du son d'origine, les scénarii d'usage axés sur l'aspect ludique de l'objet, etc.

- jeudi 13 octobre au Mans : en amont du workshop, le partenaire industriel a présenté son cahier des charges aux étudiants des deux écoles et aux équipes pédagogiques et les étudiants ont déjà pu proposer une première ébauche de projet ;
- du 17 au 28 octobre à l'Ircam et à l'ENSCI : chacun des 4 projets a été validé par les équipes pédagogiques au tout début du workshop, puis les 4 groupes d'étudiants se sont lancés dans la phase de réalisation. Ils ont réalisés les sons, les ont intégrés dans une maquette fonctionnelle, les ont testés en situation auprès d'utilisateurs ;
- le 2 décembre chez le partenaire industriel : les 4 projets ont fait l'objet d'une présentation formelle et in situ auprès du partenaire industriel.

#### ■ Master 1 – Promotion 2010/2011

À l'issue de l'appel à concours d'avril, 6 étudiants ont été retenus pour suivre la première année de ce nouveau Master : Romain BARTHELEMY, Florian BEHEJOHN, Fabien BOURLIER, Antoine CHARON, Coralie DIATKINE, Florestan GUTIERREZ

#### ■ Sensibilisation des étudiants en licence 3 – Workshop thématique

Dans le cadre du partenariat, un workshop « Analyse de projets en design sonore » à destination des étudiants de L3 de l'École des Beaux-arts Tours-Angers-Le Mans a été mis en place afin de les sensibiliser au secteur professionnel du Design sonore et de ses champs d'application. Outre Nicolas Misdariis et Patrick Susini de l'équipe Perception et design sonores, sont intervenus Louis Dandrel, Xavier Collet et Karmen Framinovic.

## ■ Programme 2011/2012

	Enseignant	Sem 7	Sem 8
<b>Méthodologie, techniques et mises en œuvre de recherches personnelles</b>		<b>20 ECTS</b>	
Informatique sonore et technique son	O. Houix	2 ECTS	
Méthodologie créative	L. Germain	1 ECTS	
Workshop Arduino	L. Germain, M. Denneaud	1 ECTS	
Création sonore	F. Bourdier	2 ECTS	
Création musicale	P. Langlois, O. Houix, L. Germain	2 ECTS	
Radio On	C. Domino, P. Langlois, O. Houix, L. Germain	2 ECTS	
Perception et cognition de l'objet sonore (Ircam)	P. Susini, N. Misdariis	2 ECTS	
Acoustique et diffusion du son (LAUM) <i>Perception acoustique Électroacoustique et systèmes de diffusion</i>	L. Dufrechou, B. Gazengel	1 ECTS	
Workshop « Dispositifs d'interaction avec le son » (Ircam)	N. Rasamimanana, B. Caramiaux	2 ECTS	
Workshop applicatif ENSCI + Ircam (10 jours)		3 ECTS	
ARC ou Atelier à choisir		2 ECTS chaque	
<b>Stage et mobilité</b>			<b>20 ECTS</b>
Stage ou voyage à l'étranger (4 mois minimum)			12 ECTS
Recherche personnelle et suivi de mémoire Voyage d'étude, analyse critique, conférence recherche documentation			8 ECTS
<b>Histoire Théorie des arts et du sonore</b>			
<b>Langue étrangère, culture générale et philosophie</b>		<b>10 ECTS</b>	<b>10 ECTS</b>
Anglais	D. Flynn	2 ECTS	
Histoire des arts	L. Vezin	2 ECTS	
Philosophie/Culture générale	C. Domino	2 ECTS	
Histoire et théorie du sonore	F. Lahache	2 ECTS	
Mémoire, méthodologie et recherche documentaire	P. Langlois	2 ECTS	
Rapport critique du voyage d'étude ou stage, accrochage et présentation orale devant un jury			10 ECTS

## PARCOURS ATIAM DU MASTER « SCIENCES ET TECHNOLOGIES » (2<sup>E</sup> ANNÉE)

### ■ Chiffres clés

- 19 étudiants ;
- 35 enseignants dont 15 responsables d'UE ;
- face à face pédagogique : 350 h/étudiant ;
- partenaires : Ircam, UPMC, Telecom ParisTech.

### ■ Objectifs de la formation

Créée à l'initiative de plusieurs institutions françaises actives dans le domaine de la recherche musicale et soutenue par le ministère de la Culture et de la communication, la formation Atiam est le fruit d'une collaboration étroite entre l'Ircam, l'UPMC, et Telecom ParisTech.

Elle est conçue pour délivrer les bases scientifiques et la culture musicale permettant d'aborder les recherches dans les domaines de l'acoustique musicale, du traitement du signal sonore et de l'informatique musicale. Ses débouchés se trouvent principalement dans la recherche et l'enseignement, mais aussi dans l'industrie, dans les domaines du son et de la musique.

Depuis la création d'Atiam en 1993, l'Ircam assure la coordination pédagogique et l'accueil de la formation.

### ■ Promotion 2010/2011

NOM Prénom	Établissement fréquenté avant Atiam
BEAUGUITTE Pierre	Université Pierre et Marie Curie (Paris, France)
CAUCHI Benjamin	Université de Rouen
COLAFRANCESCO Julien	Université Paris-8
DELEBECQUE Louis	Université du Maine (Le Mans, France)
ECHEVESTE Jose-Manuel	Université Pierre et Marie Curie (Paris, France)
FRANCOISE Jules	Université Pierre et Marie Curie (Paris, France)
GUILLOTEAU Alexis	Université du Maine (Le Mans, France)
HUMBERT Thomas	Université Pierre et Marie Curie (Paris France)
LAI CHIN Michele	Lycée Stendhal (Milan, Italie)
LOPEZ Nicolas	Télécom Sud Paris (Paris, France)
MALGOUYARD Gabriel	INPG (Grenoble, France)
MASURELLE Aymeric	ENSIM (Le Mans, France)
MEURISSE Thibaut	Université Pierre et Marie Curie (Paris, France)
NIKA Jérôme	École Nationale Supérieure des Techniques Avancées (Paris, France)
PATE Arthur	Université Pierre et Marie Curie (Paris, France)
PHAN QUANG Van	ENSEIRB (Bordeaux, France)
VANNIER Michael	UBO (Brest, France)
VINCESLAS Leny	Universitat Pampeu Fabra (Barcelone, Espagne)
XAVIER Florent	ECE (Paris, France)

## ■ Organisation Pédagogique

### Septembre à décembre (S3) : UE obligatoires

Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Acoustique générale	AG/NI416	Benoît Fabre (LAM, UPMC)
Acoustique musicale	AM/NI417	Jean-Dominique Polack (LAM, UPMC)
Traitement du signal audio-numérique	TSA/NI418	Roland Badeau (TELECOM ParisTech)
Paradigmes de programmation en informatique musicale	PPIM/NI407	Carlos Agon (Ircam)
Musique et Sciences depuis 1945	MSV/NI421	Moreno Andreatta (CNRS, Ircam)
Insertion Professionnelle	IP/NI001	Isabelle Viaud Delmon (CNRS, Ircam)
Traitement du signal musical	TSM/NI419	Bertrand David (TELECOM ParisTech)
Sciences et technologies de l'information musicale	STIM/NI410	Emmanuel Saint-James (UPMC)
Applications de l'acoustique, du traitement du signal et de l'informatique à la création musicale contemporaine	CMC/NI420	Mikhail Malt (Ircam)
UE libre		
Examens S3 : première vague : fin octobre/deuxième vague mi-décembre		

### Janvier à juin (S4) : UE d'options et stage

Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Musique, son et espace sonore	MSE/NSA31	Benoît Fabre (UPMC)
Perception et cognition musicale	PCM/NSA30	Daniel Pressnitzer (ENS/ULM)
Auto-oscillations des instruments de musique : de la physique à la synthèse numérique	AIM/NSA32	Jean Kergomard (LMA, Aix-Marseille II)
Modèles mathématiques pour l'informatique musicale	MMIM/NSA35	Marc Chemillier (EHESS)
Contrôle gestuel de la synthèse	CGS/NSA36	Hugues Genevois (LAM, UPMC)
Élaboration et transformations de sons	ETS/NSA34	Bertrand David (TELECOM ParisTech)
Stage de recherche de mars à juin ou sept	NSA60	
Examens S4 : UE d'option fin février, soutenance de stage fin juin ou début septembre		

## ■ Résultats

Sur les 19 étudiants de la promotion 2010/2011: 100 % des étudiants ont obtenu leur diplôme à l'issue de la formation

## ■ Enseignements

### Enseignement Musical

Suite à la réorganisation des modules d'enseignement musicaux en 2009/2010, le double objectif qui était, d'une part, de réaffirmer et de renforcer la composante musicale de la formation, et d'autre part de mieux préparer les étudiants scientifiques à travailler en interaction avec des acteurs du monde musical, est largement rempli durant l'année 2010/2011. Les enseignements se sont enrichis de contenus musicologiques fondamentaux et couvrent désormais un large spectre de pratiques musicales contemporaines associées à la problématique « Musique et Science ».

Les responsables d'UE désignés début 2009, ont, dans le courant de l'année 2010/2011, régulièrement invité des acteurs professionnels de la vie musicale contemporaine très diversifiés (instrumentistes, compositeurs, Réalisateurs en informatique musicale).

### Enseignement Acoustique

Les enseignements acoustiques ont également fait l'objet d'une réorganisation sous la responsabilité des enseignants d'acoustique générale et d'acoustique musicale permettant en 2010/2011, une meilleure articulation des deux modules et donnant dans un second temps une importance accrue aux enseignements par projet.

## ■ Entretiens de recrutement

Les jurys sont désormais élargis, comprenant 4 à 5 enseignants pour chaque jury. Les différentes disciplines sont ainsi mieux représentées dans chacun des jurys durant les

auditions, et les enseignants peuvent plus facilement procéder à des interclassements lors des délibérations qui font suite aux auditions.

#### Annuaire des anciens étudiants Atiam

L'annuaire Atiam, répertoire de toutes les promotions d'étudiants depuis la création de la formation en 1993, a officiellement été mis en ligne en septembre 2011.

L'annuaire compte plus cent profils actifs sur le site Internet, mis à jour régulièrement. La coordination continue à rassembler des données actualisées sur la situation des 271 étudiants qui ont suivi Atiam depuis la création de la formation en 1993 et poursuit sa « campagne » de relances afin d'alimenter et de compléter l'annuaire.



#### ■ Promotion Atiam 2010/2011

1. Gabriel Malgouyard
2. Michele Lai Chin
3. Van Phan Quang
4. Jules Françoise
5. Michaël Vannier
6. Nicolas Lopez
7. Alexis Guilloteau
8. Alexis Guilloteau
9. Thibaut Meurisse
10. Thomas Humbert
11. Jose Echeveste
12. Arthur Paté
13. Aymeric Masurelle
14. Leny Vincelas
15. Pierre Beauguitte
16. Julien Colafrancesco
17. Benjamin Cauchi
18. Louis Delebecque

Absent sur la photo : Xavier Florent

## CONSTRUIRE UNE RECHERCHE ARTISTIQUE

---

Les créations montrées au public sont l'aboutissement d'une intense activité de recherche artistique qui prend, à l'Ircam, la forme d'une recherche collective entre artistes et en collaboration avec des scientifiques sur des objets communs. Elle dépasse donc les autres formes de recherche artistique que sont la recherche « personnelle » de l'artiste (qui cherche à construire la singularité de son univers) ou la recherche collective entre artistes désirant explorer des préoccupations communes.

Depuis la création de l'institut, un environnement expérimental s'est créé où les compositeurs s'efforcent d'accroître leur expérience musicale par les concepts développés et issus des nouvelles technologies. Ces technologies sont le résultat des défis posés par les idées musicales nouvelles et par les domaines d'investigation des équipes scientifiques.

L'Ircam met en œuvre les conditions nécessaires pour une recherche musicale (et « en art ») réussie :

- des problématiques communes dépassant la production personnelle ;
- un cadre collaboratif et interactif (avec séminaires, groupes de travail, etc.) ; une « masse critique » d'artistes et de scientifiques ;
- une communauté des médiateurs arts/sciences ;
- selon l'adéquation avec le sujet de recherche, la production des esquisses, œuvres, technologies (principalement des logiciels) ;
- une évaluation des propositions et résultats par les pairs.

Cette recherche est nourrie par plusieurs programmes et un projet de doctorat en Art.

## LES COMPOSITEURS EN RECHERCHE MUSICALE

La recherche musicale est animée, au sein des équipes de recherche, par des compositeurs issus de sélections spécifiques annuelles, (sélection par appel à résidence et par projet) donnant lieu à la présence dans nos laboratoires de « compositeurs en résidence » et de « compositeurs en recherche ».

Les résultats des projets de recherche musicale (issus des compositeurs en résidence et compositeurs en recherche) sont disséminés à travers les publications du département Interfaces recherche/création et par le séminaire hebdomadaire Recherche et création. Ceux-ci sont le fruit des interactions entre idées musicales nouvelles et domaines d'investigation des équipes scientifique.

### ■ Compositeurs en résidence

Ce programme de résidence en recherche musicale est ouvert à l'ensemble des acteurs de l'informatique musicale et sonore, retenus par appel à projets annuel, permettant d'élargir le champ de recrutement.

En 2011, sur plus de 80 candidatures reçues, deux candidats ont été sélectionnés par un comité d'experts internationaux pour mener à bien leur projet :

#### Thomas Grill

Compositeur autrichien et lauréat Résidence recherche musicale 2011-2012.

Définition du projet : à travers la captation du geste et la composition assistée par ordinateur, création d'une approche à l'interprétation des sons préenregistrés (contenus dans un corpus) ; étude de la relation entre un geste perçu dans un son et le geste comme producteur du son.

Thématique de recherche : Geste.

Équipe scientifique : IMTR (Interactions musicales temps réel).

#### Ben Hackbarth

Compositeur américain ; poursuite du projet initié en 2010.

Définition du projet : création d'un algorithme de synthèse innovant sur le plan musical à base d'échantillons sonores constitués des composants généralisés en utilisant des descripteurs sonores.

Thématique de recherche : Interactions musicales temps réel. Synthèse concaténative.

Équipes scientifiques : Représentations musicales et Interactions musicales temps réel.

### ■ Compositeurs en recherche

Ce programme de résidence est issu d'une sélection annuelle par un comité interne d'experts (Directions artistique et scientifique, chercheurs), et accueille de 6 à 8 com-

positeurs retenus pour leurs propositions de recherche en phase avec les problématiques de recherche en cours dans nos laboratoires.

En 2011, cinq compositeurs ont travaillé et restitué leurs travaux.

#### Andrea Agostini

Compositeur italien.

Définition du projet : création d'un système de synthèse additive temps réel comportant à la fois les éléments de production sonore et une réflexion sur les mécanismes d'écriture de haut niveau.

Thématique de recherche : Écriture de la synthèse temps réel.

Équipe scientifique : IMTR (Interactions musicales temps réel), Analyse/synthèse des sons.

Rim référent : Emmanuel Jourdan.

#### Daniel Ciampolini

Percussionniste français – interprète et chercheur.

Définition du projet : travail en collaboration avec les équipes scientifiques sur Antescofo (suivi de partition) et Gesture Follower (reconnaissance de geste) ; participation aux séances d'expérimentation pour les projets des compositeurs Lorenzo Pagliei.

Thématique de recherche : Geste.

Équipe scientifique : IMTR (Interactions musicales temps réel), Acoustique instrumentale.

#### Emmanuel Nunes

Compositeur portugais.

Définition du projet : étude méthodique de l'ensemble des dimensions constitutives de l'écriture du rythme et de leur perception. Cette étude propose trois approches fondamentales concernant la recherche, le développement et l'expérimentation de l'ensemble des dimensions constitutives de l'écriture du rythme et de leur perception.

Thématique de recherche : Rythme. Quantification et écriture de rythme.

Équipe scientifique : Représentations musicales.

Rim référents : Karim Haddad et Éric Daubresse.

#### Lorenzo Pagliei

Compositeur italien.

Définition du projet : création d'une relation étroite entre la captation de geste et le contrôle de la synthèse sonore par modèles physiques tout en modélisant la directivité de la diffusion spatiale du son. Contrôle et écriture gestuelle de Modalys.

Thématique de recherche : Geste.

Équipes scientifiques : Interactions musicales temps réel et Acoustique instrumentale.

Rim référent : Jean Lochard.

Francesca Verunelli

Compositrice italienne.

Définition du projet : en relation avec un projet de quatuor à cordes et en utilisant la synthèse par modèles physiques, création d'un instrument virtuel multicordes, exploration des sons harmoniques avec contrôle à travers un environnement de composition assistée par ordinateur.

Thématique de recherche : Modèles Physiques.

Équipe scientifique : Acoustique instrumentale (Modalys).

Rim référent : Carlo Lorenzi.

### ■ Séminaire recherche création

À l'issue d'un projet de création, d'une période de recherche, un compositeur et son réalisateur en informatique musicale dressent le bilan de leur travail commun : enjeux et problématiques de composition, développements informatiques nouveaux, collaborations avec les laboratoires de recherche. Des personnalités externes invitées viennent enrichir ces séminaires.

Ouvertes au public, ces présentations réunissent les chercheurs, compositeurs, réalisateurs en informatique musicale de l'Ircam, ainsi que les étudiants de nos formations Cursus 2 et Atiam.

En 2011, 14 séminaires et conférences invitées ont eu lieu, réunissant 390 personnes au total, soit 28 entrées en moyenne par présentation.

- 10 janvier : 2011 Christopher Trapani avec Éric Daubresse. Autour de *Cognitive Consonance*. Création Cursus 2 le 09 juin 2010 à l'Ircam, festival Agora.
- 17 janvier 2011 Andrea Agostini et Daniele Ghisi. Présentation de leur projet de recherche musicale «Bach : automated composer's helper».
- 14 février 2011 Philippe Manoury avec Gilbert Nouno. Autour de *Tensio*. Création le 17 décembre 2010 à l'Ircam.
- 28 mars 2011 Michail Levinas avec Benoit Meudic. Autour de *La Métamorphose*. Création mondiale le 7 mars 2011 à Lille.
- 16 mai 2011 Georges Aperghis avec Grégory Beller. Autour de *Luna Park*. Création le 08 juin 2011 à l'Ircam, festival Agora.
- 24 mai 2011 Sargardia, compositeur et scénariste, (Allemagne). Conférence invitée autour de ses travaux : «QUINCE by Maximilian Marcoll/RE-WAR | The Beehive Principle for orchestra, scene and sound director».
- 30 mai 2011 Ivica Ico Bukvic, compositeur et artiste multimedia, (USA). Conférence invitée autour de ses travaux.

- 28 juin 2011 Tod Machover, compositeur multimedia, MIT Media Lab., (USA). Conférence invitée autour de ses travaux : «Hypercellos to Guitar Hero to Robotic Opera and Beyond».

- 12 septembre 2011 Thomas Grill, compositeur en résidence. Présentation de son projet de recherche musicale à l'Ircam.

- 10 octobre 2011 Éric Maestri avec Emmanuel Jourdan. Autour de *Celestografia, musica musicans*. Création Cursus 2 le 18 juin 2011 au Centre Pompidou.

- 17 octobre 2011 Marc Garcia Vitoria avec Markus Noistering et Éric Daubresse. Autour de *Mimesis*. Création Cursus 2 le 15 octobre 2011 à l'Ircam.

- 28 novembre 2011 Daniele Ghisi. Autour de *Abroad*. Création Cursus 2 le 15 juin 2011 à l'Ircam.

- 29 novembre 2011 Thomas Grill, compositeur en résidence. Bilan de ses travaux de recherche musicale.

- 05 décembre 2011 Maurilio Cacciatore avec Jean Lochard. Autour de son *Concerto pour clavier Midi*, ensemble et électronique. Création le 20 octobre 2011 au Centre Pompidou.

En sus de ces rencontres, une activité régulière de concertation entre les réalisateurs en informatique musicale (Rim) et le secteur scientifique a lieu chaque année. Chaque Rim est responsabilisé par rapport à une technologie particulière dont il devient le «Rim référent». Il devient l'interlocuteur privilégié des artistes demandeurs de technologies spécifiques. Chaque «Rim référent» établit un rapport de retour d'usage afin d'aider les équipes scientifiques à élaborer les plans de développement des logiciels qui, arrivés à maturité, trouveront leur place dans la production musicale, l'offre du Forum et/ou la Valorisation industrielle.

### ■ Groupes de travail

Deux groupes de travail se sont constitués en 2011 sur les thématiques : Rythme et Orchestration.

Les Groupes de travail ont pour but de réunir régulièrement les artistes et les chercheurs de l'Ircam, à leur initiative, autour d'une thématique qui suscite des intérêts communs afin d'orienter les travaux artistiques et la recherche scientifique.

Pour chaque groupe, des réunions de travail régulières (respectivement 7 et 8) se sont tenues entre les deux communautés. Elles sont gérées par un réalisateur en informatique musicale référent (Rim référent) et donnent lieu à des comptes rendus disponibles sur l'intranet de l'Ircam.

### ■ Séances prospectives

Depuis 2011, les séances prospectives sont initiées et mises en œuvre par les Groupes de travail.

Elles sont ouvertes, sur invitation, à la communauté de recherche musicale de l'Ircam et de la Région parisienne.

Ces séances (2 à 5 par an) sont un cadre d'échange entre recherche et création par la présentation des chantiers actuels et prospectifs de la Recherche, des perspectives de développement et d'applications concrètes pour les compositeurs, des nouveaux paradigmes qui se dessinent à moyen ou long terme. Elles prennent la forme d'un échange entre les chercheurs, les développeurs, les compositeurs en recherche, – les compositeurs s'engageant aujourd'hui dans une production lointaine, – et les réalisateurs en informatique musicale. Chaque problématique présentée est suivie d'une discussion avec les participants : ces réunions permettent ainsi de repenser ou infléchir certaines questions génériques de recherche à partir de l'expérience artistique et de ses nécessités.

Sur un site interne dédié, se trouvent une synthèse des débats de chaque séance, ainsi qu'un forum de discussion permettant de poursuivre les échanges ou de proposer de nouvelles pistes de réflexion en rapport avec le thème traité.

#### 29 novembre : Journée prospective Rythme

- Mikhail Malt (chercheur/réalisateur en informatique musicale pédagogique)  
Introduction et présentation de la séance.
- Carlos Augusto Agon (chercheur Ircam)  
Représentation informatique de structures temporelles.
- Emmanuel Nunes (compositeur)  
La quantification artisanale dirigée par une intentionnalité musicale – des valeurs déduites à la notation traditionnelle.
- Daniele Ghisi (compositeur)  
Quelques remarques sur le rythme et la quantification rythmique.
- Mauro Lanza (compositeur)  
Quelques remarques sur la représentation et l'écriture de rythme.
- Synthèse et débat.

#### 07 décembre : Journée prospective Orchestration

- Présentation du prototype expérimental du logiciel ATO-MS « Abstract Temporal Orchestration with Modular Structure » (Philippe Esling, chercheur Ircam).
- Contributions autour du logiciel ATO-MS et de la base de données SQL. (Yan Maresz, Gilbert Amy et Hugues Dufourt – compositeurs).
- Discussion et débat sur les pistes et idées de recherches novatrices et prospectives sur l'orchestration.

## LA FORMATION DES COMPOSITEURS

Par le Coursus de composition et d'informatique musicale articulé sur deux années, l'Ircam réaffirme un engagement fort dans le soutien à la jeune création. Cet engagement s'inscrit indissociablement dans trois directions :

- former de manière approfondie et accompagner le jeune compositeur dans la compréhension des concepts, méthodes et outils de l'informatique musicale et ainsi l'amener à s'approprier ces outils dans le cadre d'une démarche artistique personnelle. Les temps de maturation et d'expérimentation nécessaires s'incarnent dans l'organisation du Coursus 2 qui débouche sur la production de projets réfléchis et singuliers ;
- initier à la recherche musicale en favorisant l'esprit d'expérimentation et l'interaction avec les équipes de recherche. À la sortie du Coursus 2, les jeunes compositeurs désireux de conduire des activités de recherche sont à même de participer aux groupes de travail et d'intégrer des projets de recherche des laboratoires de l'Ircam ;
- favoriser l'insertion professionnelle des jeunes compositeurs, en les mettant en relation avec un réseau de professionnels prenant part à nos activités (ensembles, chercheurs, médias, festivals), en participant activement à la diffusion des œuvres créées à l'Ircam et en établissant, avec beaucoup d'entre eux, des relations artistiques suivies au cours du temps.



© Audrey Campion

### ■ Coursus 1 – Formation pratique à l'informatique musicale

#### Chiffres Clés

- 15 participants ;
- 639 heures de formation ;
- 6323 heures/stagiaires ;
- 7 formateurs permanents : 6 RIMce CDI, 1 compositeur CDD ;
- 10 formateurs occasionnels : 5 compositeurs, 4 musiciens, 1 ingénieur du son ;
- partenaires : Cnmsdp, HEM Genève.

#### Programme

Panorama complet du poste de travail du compositeur utilisant l'informatique et les nouvelles technologies : cours théoriques, travaux pratiques en studio, rencontres avec les équipes scientifiques. Un séminaire de composition articule les apprentissages dans une perspective composition-

nelle, animé par Yan Maresz et depuis la rentrée 2011 par Mauro Lanza, auquel s'ajoutent les interventions de compositeurs renommés.

Chaque étape du programme est ponctuée par une esquisse permettant de valider les acquis et débouche sur la présentation d'un projet pour instrument soliste et électronique temps réel.

À l'issue de cette première année, le compositeur possède les bases nécessaires pour se forger une vision complète du domaine, poursuivre l'apprentissage en autoformation et suivre l'évolution technologique du secteur.

sept	oct	nov	déc	jan	fév	mars
Le poste de travail du compositeur en studio	Concepts et prise en main logicielle dans les 3 environnements			Focalisation sur la réalisation en temps réel	Approfondissements conceptuels et informatiques	Composition et production de l'étude finale
72h d'ateliers hands-on 12h de séminaire de composition	120h d'ateliers hands-on 12h de séminaire de composition 12h compositeur invité			60h d'ateliers hands-on 12h rencontres équipes recherche 12h de séminaire de composition	64h d'ateliers hands-on 6h rencontres équipes recherche 24h compositeurs invités	
	37,5h projets et suivi individuel (compo + réalisation informatique) 2h30/pers 1h RV individuel compositeur invité			37,5h projets et suivi individuel 2h30/pers	37,5h projets et suivi individuel 2h30/pers  2h RV individuels 2 compositeurs invités	75h rdv individuels sur projets 5h/pers

#### Partenariats

La signature en juin 2009 des deux partenariats avec la Haute École de Musique de Genève et le Conservatoire National Supérieur de Musique de Paris a permis d'accueillir les premiers étudiants de ces établissements à l'Ircam pour suivre le Cursus 1 :

- promotion 2010/2011 : 1 étudiant de la HEM, 4 étudiants du Cnsm dp ;
- promotion 2011/2012 : 4 étudiants du Cnsm dp.

Les études ont été créées par les élèves musiciens dans le cadre du partenariat « Parcours Création » avec le Cnsm dp, des fidèles, Claude Delangle (classe de saxophone) et Hae-Sun Kang (classe de musique de chambre). S'est ajoutée cette année, et pour la troisième fois, la classe de harpe de Ghislaine Petit-Volta du Conservatoire à rayonnement régional de Paris pour interpréter trois études sur harpe MIDI Camac.

Ces esquisses ont été présentées à l'Espace de projection dans le cadre d'ateliers-concerts ouverts gratuitement au public le samedi 26 mars et samedi 2 avril.

#### Promotion 2010/2011

Giovanni BERTELLI (Italie), Pasquale CORRADO (Italie), Aurélien DUMONT (France), Daniel FIGOLS-CUEVAS (Espagne), Zeynep GEDIZLIOGLU (Turquie), Rune GLERUP (Danemark), Clara IANNOTTA (Italie), Tomás KOLJATIC (Chili), Wataru MIYAKAWA (Japon), Simone MOVIO (Italie), Octavi RUMBAU MASGRAU (Espagne), Hyang-Sook SONG (Corée du sud), Rodrigo TASCÓN (Mexique), Vincent TROLLET (France), Minjung WOO (Corée du Sud).

#### Promotion 2011/2012 (rentrée 5 septembre 2011)

Samuel ANDREYEV (Canada), Juan ARROYO (Pérou), Tatiana CATANZARO (Brésil), Maxime CHANDELIER (France), Laurent DURUPT (France), Elvira GARIFZYANOVA (Russie), Heera KIM (Corée du Sud), Adam MAOR (Israël), Keita MATSUMIYA (Japon), Vittorio MONTALTI (Italie), Diana Li Ling SOH (Singapour), Marcin STANCZYK (Pologne), Lisa STREICH (Suède), Christopher SWITHINBANK (Grande-Bretagne), Ying WANG (Chine)

#### ■ Cursus 2 – Formation spécialisée en composition, recherche et technologies musicales

##### Chiffres clés

- 6 participants ;
- 716 heures de formation et accompagnement au projet ;
- 30 heures de séminaires compositeurs invités commun avec le Cursus 1 ;
- 1490 heures/stagiaires ;
- 7 formateurs permanents : 6 RIMce CDI, 1 compositeur CDD ;
- 5 formateurs occasionnels : 3 compositeurs, 2 chercheurs ;
- partenaires : SACEM (bourses aux étudiants).

##### Programme

Durant une année complète à temps plein, la formation spécialisée permet d'acquérir les connaissances, les compétences et savoir-faire pratiques nécessaires pour profiter de la richesse de l'institut. L'année débouche sur la réalisation et la création publique de son projet artistique par le compositeur en formation. Conçu dans un esprit d'expérimentation,

le projet est susceptible de faire appel à d'autres domaines tels que la danse ou l'image, grâce aux partenariats que l'Ircam développe avec d'autres structures de formation européennes.

La proximité avec les laboratoires de recherche permet à l'étudiant de s'initier à la collaboration avec les chercheurs, et lui offre une fenêtre sur les développements technologiques les plus récents, contribuant ainsi à l'épanouissement de son projet artistique. Pendant l'année, le temps est partagé à part égale entre phase de formation et phase de travail personnel.

oct	nov	déc	jan	fév	mars	avril	mai	juin
Immersion dans la vie intellectuelle de l'Ircam . évaluation des projets en RDV individuels et en séminaire collectif . rencontres individuelles avec les équipes de recherche pour projet . 5 journées d'études collectives . 1 compositeur invité . approfondissement informatique musicale . sessions-projet (expérimentations, tests)			Production des projets . compositeurs invités . expérimentation avec les chercheurs et les instrumentistes . 2 compositeurs invités (séminaire + RDV individuel) . répétitions et production					
12h séminaires journée d'étude 24h séminaire compositeur invité (commun Coursus1) 96h ateliers hands-on			6h séminaires journée d'étude 48h 2 compositeurs invités (commun Coursus 1)					
10h RV individuels compositeur invité 2h/pers 48h projet et suivi individuel 10h/pers			480h projet et suivi individuel 96h/pers 20h RV individuels 2 compositeurs invités 4h/pers					

#### Promotion 2010/2011

	Nom	Thème de Recherche	Titre œuvre et production	Effectif	RIMce
	Maurilio Cacciatori (Italie)	Synthèse par modèle physique	<i>Concerto pour clavier MIDI, ensemble et électronique</i> Centre Pompidou 20 octobre, saison Ircam	Clavier MIDI, 11 musiciens et électronique	J. Lochard
	Ashley Fure (États-Unis)	Synthèse dont synthèse par modèle physique	<i>TripWire</i> Le Fresnoy juin- juillet Panorama	Installation Vidéo par Jean-Michel Albert étudiant du Fresnoy)	J. Lochard
	Marc Garcia Vitoria (Espagne)	Synthèse en temps réel, gestion de haut niveau de base de données sonores, diffusion via WFS pour marier sons instrumentaux réels, amplifiés et électronique	<i>Mimesis</i> Centre Pompidou 15 octobre Saison Ircam	Cinq instruments et électronique	E. Daubresse
	Daniele Ghisi (Italie)	Structures rythmiques, sémantique textuelle et musicale	<i>Abroad</i> Ircam 15 juin 2011, festival Agora	Sept Lieder d'après Pessoa, pour voix, ensemble et électronique	M. Malt
	Éric Maestri (Italie)	Hybridation de la voix et du violon, synthèse de la voix en temps réel, génération de chœur virtuel	<i>Celestografia ...musica musicans</i>	Voix, violon, piano et deux synthétiseurs	E. Jourdan

Promotion 2011/2012 (Rentrée octobre 2011)

Giovanni BERTELLI (Italie), Marta GENTILUCCI (Italie),  
Rune GLERUP (Danemark), Nicolas MONDON (France),  
Andrea SARTO (Italie), Nicolas TZORTZIS (Grèce).

## **DOCTEUR EN ARTS : À LA RECHERCHE D'UN NOUVEAU CADRE D'ACCUEIL POUR LA RECHERCHE MUSICALE**

### **■ Motivation**

Si la recherche scientifique à l'Ircam bénéficie aujourd'hui d'un cadre d'accueil pour les jeunes chercheurs (thésards préparant leur doctorat), la recherche musicale n'en bénéficie pas en raison de l'absence des doctorats en France prévoyant un cadre artistique destiné aux compositeurs et chefs d'orchestres mettant un accent sur l'aspect « pratique de l'art ». Si ce cadre existe à l'étranger depuis de nombreuses années, notamment dans les pays Anglo-saxons qui prévoient un doctorat « practiced based » comme le DMA (Doctor of Musical Arts), ce cadre n'existe pas à l'heure actuelle en France. Un tel cadre permettrait à l'Ircam de devenir « laboratoire d'accueil » dans le contexte d'une école doctorale et ainsi accueillir des jeunes compositeurs pour leur permettre de travailler sur une thèse pendant une ou plusieurs années et ainsi renforcer la recherche musicale à l'Ircam.

### **■ Colloque « Art et recherche »**

À la demande de la Direction générale de la création artistique (DGCA), l'Ircam a fait partie du Conseil scientifique qui s'était réuni en 2011 afin d'élaborer le contenu et le programme en préparation du colloque « Art et recherche » qui devait avoir lieu en novembre 2011 puis a été reprogrammé les 8-10 février 2012. Un des thèmes qui devait être traité était la question du Docteur en arts en invitant des représentants des écoles d'art, conservatoires (musique et arts dramatiques) en France et à l'étranger afin de donner une perspective la plus large possible aux échanges. Il était souhaité que ce genre de rencontre permette de dynamiser les démarches et actions afin de rendre possible la création d'un doctorat enfin adapté au monde de la création artistique.





## L'IRCAM S'EXPOSE



## LA FABRIQUE DU CONTEMPORAIN DANS LE SPECTACLE VIVANT

---

Comment l'esprit d'expérimentation peut-il s'inscrire aujourd'hui sur les lieux de la tradition ou de la convention ? Comment certains prototypes peuvent-ils investir des scènes très exposées, en particulier celles d'institutions soumises au poids du répertoire historique, comme les maisons d'opéra ? Dans une configuration sans précédent, 2011 a vu l'aboutissement de projets scéniques ambitieux, élaborés dans les studios de l'Ircam avant d'investir de grandes scènes de France et d'Europe (Opéra de Lille, Scala de Milan, Opéra de Strasbourg...). Cette dynamique inédite a par ailleurs démultiplié la présence de l'Ircam hors-les-murs.

Élaborer l'opéra au sein d'un laboratoire, c'est essentiellement vouloir métamorphoser la langue, la voix et l'espace que cette voix traverse par des moyens innovants. Michael Levinas, Luca Francesconi, Philippe Manoury et Georges Aperghis ont apporté chacun une réponse singulière à ces enjeux, sous la forme d'un projet scénique soutenu par un dispositif technologique spécifique. Rencontre avec un texte de la littérature (Franz Kafka, Heiner Müller, Arrigo Boïto) ou approche d'une écriture au présent (Valère Novarina pour Michael Levinas) ; rencontre théâtrale avec la Fura del Baus pour Luca Francesconi ou fidélité reconduite entre Philippe Manoury et le metteur en scène Yoshi Oïda. Grand format avec chœur et orchestre, choix du théâtre musical mobile par le grand « incubateur » qu'est Georges Aperghis... En 2011, ces aventures s'achevaient dans les studios de l'Ircam, s'apparentant en cela aux fameuses « camerata fiorentina » d'avant 1600, là où convergeaient les efforts de poètes, de musiciens, de théoriciens de la prosodie (aujourd'hui de la transformation vocale). Des cénacles italiens ont surgi l'histoire d'un genre, l'opéra. Du laboratoire Ircam, une nouvelle fabrique du lyrique ?

## LA MÉTAMORPHOSE, OPÉRA DE MICHAËL LEVINAS

Opéra de Lille, les 7, 9, 11, 13 et 15 mars 2011

- livret : Emmanuel Moses et Michaël Levinas, Benoit Meudic (langue française) d'après Franz Kafka précédé de *Je, Tu, Il*, prologue de Valère Novarina ;
- mise en scène : Stanislas Nordey ;
- Ensemble Ictus, direction : Georges-Elie Octors ; rôle principal : Fabrice Di Falco (Gregor) ; réalisation informatique musicale : Ircam Benoit Meudic ;
- commande de l'Opéra de Lille et du ministère de la Culture et de la communication. Coproduction Opéra de Lille, Ircam-Centre Pompidou. Avec le soutien du Fonds de création lyrique.

Comment représenter l'inquiétante étrangeté de la métamorphose homme-animal sur une scène ? Cet enjeu artistique et théâtral passe par l'hybridation entre le vocal, l'instrumental et l'animal. La multiplicité de la voix du Gregor de *La Métamorphose*, sa plainte enfantine de haute-contre, a été élaborée minutieusement par l'écriture de l'électronique. La fascination de Levinas pour l'articulation même d'une langue, développant l'expérience antérieure des *Nègres* d'après Genet, croise ici la prosodie éruptive de Novarina, dans un prologue inédit. Transfiguration par les mots et métamorphose par le sonore, art de la transition et des seuils, polyphonies paradoxales d'une musique qui « n'arrêtera plus de chuter », cet opéra magnifie la forme d'une spirale infinie.



© Jean Radel

## QUARTETT, OPÉRA DE LUCA FRANCESCONI

Scala de Milan, les 26, 28 et 30 avril, 3, 5 et 7 mai 2011.

- livret : Luca Francesconi (langue anglaise) d'après Heiner Müller ;
- mise en scène : Alex Ollé (Fura dels Baus) ; scénographie : Alfons Flores ; projection vidéo : Franc Aleu ;
- chœur et orchestre de la Scala ; direction : Susanna Mälkki ; solistes : cristina Opolais, Georg Nigl ; réalisation informatique musicale : Ircam Serge Lemouton ;
- commande de la Scala de Milan.

Trois mondes s'interpénètrent dans le *Quartett* de Heiner Müller, portés par la musique de Luca Francesconi et les fantasmagories de la Fura dels Baus. *L'intérieur*, l'espace post-apocalyptique où se heurtent deux monstres solitaires, Merteuil et Valmont, c'est un bunker suspendu au milieu de la scène. *L'extérieur*, le reflet mental des deux protagonistes, de leurs actes, désirs et conspirations, c'est la scène théâtrale qui les entoure. *Le Dehors*, l'espace de forces métaphysiques comme l'attraction, la polarité et les correspondances, sera le seul lieu capable d'absorber la tension de *Quartett*. Pour réaliser cette dramaturgie spatiale dans le temple de l'art lyrique qu'est la Scala, le Spat\* de l'Ircam est mis à contribution, permettant le passage d'une dimension microscopique (le gros plan), à l'occupation de la totalité du théâtre-monde. Dans cette focale visuelle et sonore, un ensemble musical dans la fosse contraste avec le grand orchestre et le chœur jouant en coulisse. L'analyse-synthèse de la voix procède à des greffes vocales pour incarner la part féminine de Valmont et la masculinité de Merteuil, l'ambiguïté fondatrice de ce « quatuor » à deux.

\* Suite logicielle dédiée au traitement de spatialisation en temps réel de signaux sonores.





### ■ Le travail de recherche musicale :

La collaboration avec l'Ircam a commencé en 2010. Cette période de préparation fut consacrée à l'élaboration d'une maquette informatique de la grande forme de l'opéra et à la préparation des sons et de l'environnement informatique de mise en espace.

Les spécificités de l'apport de l'Ircam dans *Quartett*, illustrent la fonction dramaturgique de l'électroacoustique.

La première intervention est précompositionnelle sous la forme d'une maquette informatique représentant le déploiement temporel de la grande forme. Cette maquette a mobilisé les recherches et développement de l'équipe Analyse et Synthèse sur le sujet de l'analyse de qualités vocales et de la segmentation permettant la sélection des éléments porteurs de l'expressivité dans le flux vocal.

Merteuil et Valmont jouent un jeu extrême, à la fois raffiné et barbare, et d'une grande complexité. L'écriture vocale des deux chanteurs fait appel à des caractérisations vocales rhétoriques pour illustrer les différents rôles qu'ils ne cessent de s'échanger. Ces caractérisations font appel d'une part, d'une façon distanciée, à toute l'histoire de l'opéra, et, d'autre part, aux techniques de transformation de la voix en temps réel, chaque personnage étant associé non seulement à un traitement vocal particulier mais aussi à un type de transformation différent.

Les deux chanteurs de *Quartett* sont accompagnés par un chœur de 80 chanteurs et deux orchestres : un ensemble est dans la fosse tandis que la formation symphonique et le chœur (dont le son est capté et diffusé sur les haut-parleurs), sont dans une autre salle. Les deux orchestres représentent les espaces dans lesquels évoluent les personnages : un espace claustrophobique (Francesconi parle de « peep-show ») et le monde extérieur (« out »). Cela permet des effets de perspective et de travelling. La spatialisation est utilisée pour illustrer cet enchaînement d'espaces dans lesquels évoluent les personnages : une boîte, sur la scène d'un opéra, d'une ville, du monde.

### LUNA PARK, SPECTACLE DE GEORGES APERGHIS

Ircam, les 8, 9 et 10 juin 2011 (dans le cadre du festival Agora) et festival « Automne de Varsovie », le 18 septembre 2011, Musica Strasbourg le 7 octobre 2011 et Hamburg (Klangwerktag) le 1<sup>er</sup> décembre 2011.

- textes : Georges Aperghis et François Régnault ;
- musique et mise en scène : Georges Aperghis ;  
installation scénographique et lumière : Daniel Lévy ;  
réalisation informatique musicale : Ircam  
Grégory Beller ; collaboratrice artistique à la mise en scène : Émilie Morin ; développement vidéo : Yann Philippe ;
- avec Richard Dubelski, Eva Furrer, Johanne Saunier et Mike Schmid ;
- commande de l'Ircam-Centre Pompidou et du festival « Automne de Varsovie » ;
- production Ircam-Centre Pompidou, spectacle enregistré par France Musique.

Voir sans être vu..., tel est le moteur dramaturgique de *Luna Park*. Les quatre protagonistes séparés n'auront de contact mutuel que par le biais de « circuits » : micros, caméras de surveillance, écrans, haut-parleurs. Le dispositif d'un tel panoptique s'apparente visuellement à un retable – deux figures verticales encadrant deux figures horizontales –, jouant avec la proximité ou l'irréparable distance entre les personnages. Le monde réel est le monde virtuel, cette assertion de *Luna Park* s'appuie sur l'efficacité de la technologie et de la vidéo. Onze ans après ses *Machinations*, Georges Aperghis retrouve son complice, l'écrivain François Régnault, et utilise pour la première fois les voix de synthèse, les capteurs du mouvement, les ressorts infinis de la vidéo participant à la mobilité de ses acteurs. Ceux-ci deviendront à leur tour micros et caméras dans cette mise en scène d'une folle et ludique multiplicité.

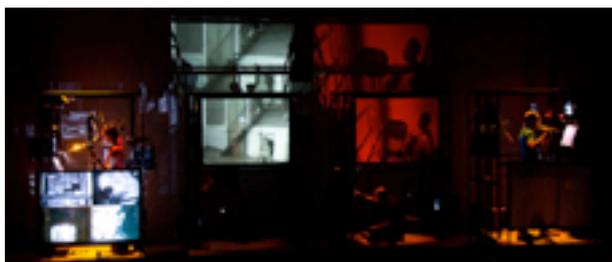
### ■ Le travail de recherche musicale

Un travail de recherche à la fois artistique et scientifique a permis la création d'un nouveau système permettant le contrôle gestuel de la synthèse vocale, innovation dans le domaine de la recherche scientifique. Si ce moteur particulier permet d'écrire la parole générée comme un matériau musical (avec des hauteurs, rythmes, appoggiatures choisies...) tout en préservant la qualité, il permet aussi à l'auditeur de percevoir des textes imprononçables à des débits effrénés. Enfin, animé par les mains du percussionniste, grâce aux capteurs, il permet à Georges Aperghis de rallier la parole au geste et le geste vocal au mouvement.

Publications scientifiques associées au projet artistique :

- Beller Grégory, Aperghis Georges, Contrôle gestuel de la synthèse concaténative en temps réel dans *Luna Park* : rapport compositeur en recherche 2010. Paris : 2011. [Rapport interne] ;

- [Beller Grégory, Aperghis Georges, Gestural Control of Real-Time Concatenative Synthesis in Luna Park. P3S, International Workshop on Performative Speech and Singing Synthesis. Vancouver : Mars 2011, p. 23-28];
- Beller Grégory, Gestural Control Of Real Time Concatenative Synthesis. ICPhS. Hong Kong : 2011];
- Beller Grégory, Gestural Control of Real-Time Speech Synthesis in Luna Park. SMC. Padova : 2011].



### LA NUIT DE GUTENBERG, OPÉRA DE PHILIPPE MANOURY

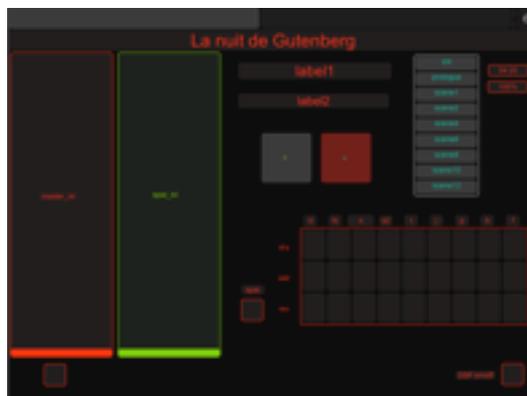
Opéra national du Rhin, les 24, 27 et 29 septembre 2011 (dans le cadre du festival Musica)

- livret : Jean-Pierre Milovanoff ;
- mise en scène : Yoshi Oida, assisté de Samuel Vittoz ; scénographie et vidéo : Tom Schenk ;
- Chœur et Maîtrise de l'Opéra national du Rhin ; Orchestre Philharmonique de Strasbourg, direction : Daniel Klajner ; rôles principaux : Nicolas Cavalier, baryton (Gutenberg) ; Ève Maud Hubeaux, contralto (Folia, une jeune femme) ; Mélanie Boisvert, soprano coloratura (L'hôtesse) ; réalisation informatique musicale : Ircam Serge Lemouton ;
- commande de l'Opéra national du Rhin. Coproduction Ircam, Opéra national du Rhin.

Des scribes de Sumer jusqu'aux utilisateurs du café Internet, la puissance et l'invention de l'écriture traversent le nouvel opéra de Philippe Manoury et se concentrent autour de la figure de l'inventeur de l'imprimerie, mêlant temps et fictions. De Gutenberg à Google, la mémoire de l'information et l'amnésie de l'instant hantent cet opéra écrit par l'un des concepteurs les plus opiniâtres de l'électronique en temps réel. Intégrant les techniques des chœurs virtuels, la transformation et la spatialisation, Philippe Manoury fait appel à une synthèse vocale récente, créée par le chercheur Miller Puckette, en particulier dans l'ensemble des scribes qui ouvre et ferme l'opéra ou dans le chœur polyglotte. La technologie participe à la « babélisation » des langues et des images humaines, jusqu'à produire leur autodafé.

### ■ Le travail de recherche musicale

La fixation des idées musicales et sonores sur la partition (l'écriture) et dans la partie électronique a été prise en charge par le compositeur en utilisant un logiciel de suivi de partition développé au sein de l'équipe Représentation musicale «Antescofo». Plusieurs des vidéos réalisées par Tom Schenk (en particulier les images de jeux vidéos et de guerre de la scène 8) sont accompagnées d'une bande-son électronique réalisée grâce à un procédé de sonification directe développé spécialement pour l'occasion, et qui permet de générer un accompagnement sonore en filtrant des sonorités orchestrales en fonction des couleurs et des mouvements des pixels de l'image, créant ainsi des synchronisations inattendues et un lien organique entre son et image.



## FESTIVAL AGORA : CHRONIQUE DES TEMPS PRÉSENTS

Le Festival Agora est tout à la fois un moment d'exception et de convergence pour l'ensemble de l'Ircam, un scénario pluridisciplinaire et une chronique des temps présents. C'est aussi un *méridien* reliant les deux pôles de l'esprit chercheur, le savoir et l'imaginaire, l'art de la déduction et la force de l'intuition. L'un des fils conducteurs d'Agora 2011 était précisément la relation entre Mathématique et Art, entre logique et invention, le festival accueillant la conférence internationale de la Society of Mathematics and Computation in Music. Quelle conjonction entre intuition mathématique et artistique, entre vision et exactitude ? La création moderne a très souvent croisé les outils mathématiques de son temps (théorie des ensembles, musique formelle et musique aléatoire, influence de Poincaré sur les cubistes...) tandis que l'art inspirait à son tour les mathématiciens. Cette question qui traverse l'histoire de la pensée et de la créativité aimantait l'ensemble du festival Agora 2011. Prolongé au Palais de la Découverte et à la Cité des Sciences, le dialogue entre mathématiques et arts rassemblait des chercheurs de renom (dont Alain Connes et Alain Badiou), et des singularités artistiques (Pierre Boulez, Emmanuel Nunes dont l'Ircam fêtait le 70<sup>e</sup> anniversaire, la création émergente et l'œuvre de Stockhausen). Dans cette multiplicité sensible et intelligible, traversant tout Agora et plusieurs espaces parisiens avec l'ensemble MusikFabrik, la figure de Karlheinz Stockhausen s'imposait, maître de la frénésie computationnelle et de l'intuition visionnaire, avec son cycle ultime *Klang* rencontrant un très large public.

La métamorphose du théâtre du spectacle vivant était également au cœur d'Agora 2011 avec *Tales of the Bodiless* d'Eszter Salamon au Centre Pompidou, les *Temps tirillés* de Myriam Gourfink dans l'installation d'Anish Kapoor au Grand Palais, et, en ouverture, la création de *Luna Park* de Georges Aperghis à l'Ircam. Cette nouvelle aventure du théâtre musical met en scène des voix humaines et de synthèse soumises à des situations incongrues ou inespérées, créant un piège sonore et visuel où se brouillent les frontières entre monde réel et virtuel. Comment une multiplicité agissante transforme-t-elle la totalité de l'espace sonore et visuel ? Reformulée par plusieurs générations d'artistes et autant d'esthétiques différentes – les narrations labyrinthiques de Berio (*A-Ronne*), l'espace pulvérisé du jeune Lindberg (*Kraft*), l'espace immersif d'Ivan Fedele..., cette interrogation invitait à tous les débordements expressifs. En 2011, le festival retrouvait ses lieux de prédilection – le Centre Pompidou, la Cité de la Musique, Saint-Eustache, LECENTQUATRE – et investissait pour la première fois le Grand Palais, l'Opéra Comique et la Gaîté lyrique.



## **ACCESSIBILITÉ ET RENOUVELLEMENT DE LA DIFFUSION DES TECHNOLOGIES ET DES SAVOIRS**

---

L'Ircam s'attache à assurer une diffusion systématique des technologies et des savoirs issus de ses activités et à multiplier les portes d'entrée de publics aux objectifs différents. Cette diffusion participe à la démocratisation des activités de l'institut.

Les activités de 2011 ont comporté plusieurs volets : la mise en œuvre d'une stratégie commerciale pour diffuser les technologies et savoirs de l'Ircam auprès des utilisateurs les plus divers, (Forum, Ircamax, Ircamtools, formations professionnelles continues), le lancement d'un site ressources (audio et vidéo) qui fédère tous les savoirs produits par l'institut, et enfin, l'organisation d'événements publics associant scientifiques et artistes autour des questions interdisciplinaires issues des communautés touchées par l'Ircam.

## UNE STRATÉGIE COMMERCIALE POUR DIFFUSER LES TECHNOLOGIES AUPRÈS DES UTILISATEURS LES PLUS DIVERS

### ■ La valorisation industrielle des logiciels et technologies de l'Ircam

L'année 2011 a surtout été marquée par le développement de nouveaux produits : nouveaux IrcamTools (HEar et Verb Session), création de la collection IrcaMax intégralement réalisée à l'Ircam, et enregistrement du « Piano Préparé » pour la collection Ircam Solo Instruments. Ces produits continuent à diffuser les technologies de l'Ircam dans le monde de l'Audio-pro et auprès des utilisateurs de logiciels musicaux.

#### Collections Ircam Tools et IrcaMax



De nouveaux items de la collection IrcamTools, les produits HEar et Verb Session, ont été commercialisés le 1<sup>er</sup> juillet 2011 et ont rencontré un nouveau public ; la tarification volontairement plus accessible pour l'ensemble de la collection a permis de vendre plus de 680 items en 2011 dont 410 HEar et V.Session.

La sortie de la nouvelle collection IrcaMax, comprenant 11 nouveaux plug-ins issus du savoir-faire de l'Ircam et de la technologie SuperVP, a été lancée le 16 novembre 2011 à l'occasion de l'ouverture des Ateliers du Forum. Des ressources en interne ont été allouées au développement de la protection des patches IrcaMax, de la nouvelle protection du Forum ainsi que la création du site web [www.ircamax.fr](http://www.ircamax.fr).

#### Licences industrielles

L'année 2011 a été moins prolifique en terme de signatures de licences que les années précédentes. La crise et le ralentissement des investissements des industriels n'ont pas permis d'atteindre les objectifs escomptés. Cependant, l'ensemble des contacts pris en 2011 auprès d'entreprises telles que SSL, MakeMusic ou Spectrasonic ouvrent de nouvelles possibilités pour l'année 2012. La signature du contrat de licence conclu avec Univers Sons pour l'intégration du Time Stretch de SuperVP et de la synthèse granulaire Zsazsa pour la sortie de la nouvelle génération d'échantillonneur Mach-Five 3, issu du projet ANR Sample Orchestrator, a fait l'objet d'une importante promotion mettant en avant la grande qua-

lité sonore de ces algorithmes et a permis la valorisation de nos technologies auprès de nouveaux industriels.

### ■ Le Forum Ircam

Le Forum Ircam est une communauté d'utilisateurs des logiciels de l'Ircam destinée à partager des connaissances et des compétences. Les logiciels répartis dans quatre bouquets sont disponibles dans le cadre d'un abonnement annuel au Forum. Cet abonnement offre également un ensemble d'activités et de services.

Des tarifs préférentiels sur les stages de formation organisés par le département Pédagogie et action culturelle (réduction d'1/3 pour les organismes, de 2/3 pour les membres du Forum Studio ou du Forum Recherche ou Pass Forum), ainsi que sur les événements (tarifs réduits sur les concerts de la saison et du festival Agora), les produits éditoriaux de l'Ircam (5 à 10 % disques, livres, cédéroms, échantillons sonores) et des offres chez nos partenaires (IrcamTools chez Flux : NoteAbility sur le site d'Opus1Music...).

Fin 2011, le Forum comptait 534 membres, soit une perte de 15 % par rapport à 2010, répartis en 404 individus (71 %) et 130 organismes (29 %). Si on compte cinq utilisateurs par abonnement/organisme, il en résulte une population d'utilisateurs de 1 054 environ. Cette baisse est principalement accentuée par une régression des renouvellements des institutions dans le second semestre.

La répartition par activité des membres en 2011 était la suivante :

- composition 56 % ;
- enseignement 9 % ;
- recherche 6 % ;
- postproduction 4 % ;
- installations sonores 3 % ;
- diverses activités 22 %.

#### Les Ateliers du Forum

Cette édition s'est déroulée du 16 au 18 novembre 2011, sur la thématique du temps réel. Les ateliers ont accueilli 129 participants.

Une demi-journée a été organisée à la fois à l'Ircam et à la Gaîté Lyrique, lieu mythique et proche de l'Ircam (Centre de ressources, Auditorium, Petite salle et Studio) : 60 personnes ont assisté aux conférences/ateliers qui avaient lieu à la Gaîté Lyrique, dont 1/3 des participants représentait un nouveau public.

La distribution des Ircamax a été lancée pendant les ateliers du Forum.

#### Événements du Forum hors les murs

Deux événements ont été réalisés à Apple Opéra (Paris 9e) par Jean Lochard et Frederick Rousseau. Ils ont présenté les IrcamTools et AudioSculpt 3 le 17 mai 2011 puis ont réalisé un atelier sur les IrcamTools le 10 novembre, quelques

jours avant les ateliers du Forum. Le premier a remporté un succès, le second a attiré moins de participants.

#### Beta-testeur AudioSculpt 3.0

30 volontaires sélectionnés par l'Ircam ont testé la version 3.0 d'AudioSculpt. En contrepartie, ils ont accédé gratuitement au bouquet « Forum Studio » pendant 6 mois. Les retours d'usage ont été très concluants.

### ■ La formation professionnelle continue

#### Chiffres-clé

- 213 inscriptions [y compris Biennale de Venise] pour 25 formations ;
- 629 heures de formation ;
- 5604 heures/stagiaires ;
- 6 formateurs permanents : RIMce CDI ;
- 15 formateurs occasionnels : 4 chercheurs, 2 développeurs, 1 RIM, 4 compositeurs, 2 designers sonores, 2 régisseurs vidéo.



© Audrey Campion

Formations	Dates	Durée	Participants
Max/MSP : interaction musicale	15-16 jan	12h	10
Spatialisateur : introduction	22-23 jan	12h	8
OpenMusic audio	29-30 jan	12h	8
AudioSculpt : applications avancées	5-6 fév	12h	11
Premiers Pas avec Max/MSP	14-19 fév	36h	11
Max/MSP : synthèse sonore	5-6 mars	12h	7
Spatialisateur : applications avancées	19-20 mars	12h	7
Premiers Pas avec Max/MSP/Jitter	28 mars-2 avr	36h	10
Sound Design	3-6 mai	24h	11
OM experts	7-9 mai	18h	8
Max4Live pour les utilisateurs de Max	7-9 mai	18h	5
Antescofo : suivi de partition	21-22 mai	12h	9
Premiers Pas avec Max/MSP	6-11 juin	36h	8
An IRCAM Overview	14 juin-1 <sup>er</sup> juil.	54h	10
Premiers Pas avec Max/MSP	19-24 sept	36h	11
Hors les murs : Biennale de Venise ateliers	24-29 sept	50h	12
À la carte : FEMIS	31 sept-3-4 oct	21h	6
Max/MSP : traitements audio	15-16 oct	12h	6
OpenMusic : introduction	22-23 oct	12h	6
AudioSculpt : introduction	5-6 nov	12h	7
Max for developers	19-21-nov	18h	8
OpenMusic : de l'analyse à l'écriture	26-27 nov	12h	5
Modalys : introduction	3-4 déc	12h	7
Max/MSP : interaction musicale	10-11 déc	12h	7
Max4Live pour les utilisateurs de Live	12-17 déc	36h	10

Les stages de formation professionnelle, en week-end ou en semaine, permettent aux participants de se former pas à pas sur les logiciels développés à l'Ircam, autour de trois grands thèmes de l'informatique musicale : le temps réel, le traitement du son, la composition assistée par ordinateur.

À partir du mois de septembre 2010, la formation professionnelle s'est réorganisée pour une offre plus lisible et mieux articulée dans sa progression : stages de « prise en main », modules de « spécialisation », sessions « experts ». En 2011 pour la première fois, un stage OpenMusic experts était proposé dans la stratégie de formations de plus haut niveau mise en place depuis 2 ans. Le stage Max4live pour les utilisateurs de Live allongé à 6 jours a rencontré quant à lui un vif succès auprès d'un public peu familier des outils de l'institut.

## LES PLATE-FORMES ET LES SÉRIES DOCUMENTAIRES

### ■ Le site des ressources documentaires

À l'issue d'un vaste chantier, le site des ressources de l'Ircam est ouvert au public.

Ce site permet de capitaliser, conserver et mettre en valeur les contenus constitutifs de la mémoire et des savoirs cumulés de l'Ircam.

Il fédère, via une interface commune, les recherches dans les différentes bases de données de l'institut. Son périmètre actuel couvre les bases Archipro (archives audiovisuelles des concerts et conférences de l'Ircam), Brahms (base de documentation sur la musique contemporaine), Catalogue (références bibliographiques de la médiathèque), Architextes (articles scientifiques et musicologiques de l'Ircam).

L'exploitation des contenus audiovisuels a été systématisée et facilitée pour l'ensemble des départements producteurs de contenus. Une chaîne de traitement d'archivage (Archipro), une boîte à outil juridique et une systématisation des diffusions des contenus produits ont été mises en œuvre.

### ■ Série « Images d'une œuvre » et Projections-Rencontres

Saisir quelques instantanés de la fabrication d'une œuvre, voir un compositeur au travail, éclairer les sources et les enjeux de la création du soir. La série documentaire « Images d'une œuvre », coproduite par l'Ircam et le Centre Pompidou, porte un regard filmé sur le processus d'élaboration d'une œuvre musicale. Elle montre notamment les modalités d'interaction entre les différents collaborateurs impliqués dans une création, du côté artistique comme du côté scientifique.

La projection du film, juste avant la création de l'œuvre en question, est prolongée par une rencontre entre l'auteur du film, le compositeur et le public. Le film est par la suite diffusé sur les sites Internet de l'Ircam et des partenaires et accompagne les productions dans les tournées.



Depuis l'automne 2007, treize films ont été réalisés dans le cadre de la série, dont 3 en 2011.

N°	Œuvre	Compositeur	Auteur	Réalisateur	Avant-Première
11	<i>Quartet</i>	Luca Francesconi	Nicolas Donin	Benoît Martin	22 avril, Scala de Milan
12	<i>La pierre et l'étang (... les temps...)</i>	Ivan Fedele	Jérémie Szpirglas	Christian Bahier	10 juin, Ircam
13	<i>Luna Park</i>	Georges Aperghis	Nicolas Donin	Benoît Martin	8 juin, Ircam

## LES COLLOQUES ET AUTRES ÉVÉNEMENTS ASSOCIÉS

### ■ Colloque international MCM'11

L'édition 2011 de ce colloque international consacré aux rapports entre musique, mathématique et informatique s'est tenue à l'Ircam et au Centre Pompidou du 15 au 17 juin et a été associée à un ensemble d'événements destinés à un plus large public organisés en collaboration avec le Centre Pompidou et Universcience-Palais de la découverte.

MCM 2011 était organisée sous l'égide de la Société Mathématique de France (SMF), en partenariat avec le Centre Pompidou et Universcience (Le Palais de la Découverte), en collaboration avec CiE (Computability in Europe), l'ESMA (European Society for Mathematics and Arts) et avec le soutien du CNRS, de l'UPMC, de l'AFIM (Association française d'Informatique Musicale) et de la SFAM (Société Française d'Analyse Musicale).

La conférence a notamment compris les événements suivants :

- vidéoconférence de Stephen Wolfram (Boston, USA) sur « A New Kind of Science/A New Kind of Music » ;
- séance Panel intitulée « Bridging the Gap : Approches computationnelles et mathématiques en recherche musicale » (mercredi 15 juin). Avec la participation d'Alan Marsden (Lancaster University), Guerino Mazzola (University of Minnesota, USA), Geraint Wiggins (Goldsmiths' College, University of London). Organisation Anja Volk (Department of Information and Computing Sciences, Utrecht University Institute for Logic) et Aline Honingh (Language, and Computation, University of Amsterdam).

### Événements associés

- conférence grand public intitulée « Les mathématiques dans l'univers musical » (Salle de Conférences du Palais de la Découverte, samedi 11 juin) par Moreno Andreatta et Carlos Agon (Ircam/CNRS), en collaboration avec Robin Jamet et Pierre Audin (animateurs scientifiques, Universcience-Palais de la Découverte). Nombre de participants : environ 150 ;



- rencontre sur la créativité en musique et en mathématique entre le compositeur et chef d'orchestre Pierre Boulez, fondateur et directeur honoraire de l'Ircam et Alain Connes (IHES), médaille Fields de mathématiques et professeur au Collège de France (Espace de projections de l'Ircam, mercredi 15 juin). Nombre de participants : environ 300 ;
- conférence (ouverte au public) sur « Mathématiques/ Esthétiques/Arts » du philosophe Alain Badiou (Grande Salle du Centre Pompidou, jeudi 16 juin). Nombre de participants : environ 400 ;
- table ronde conclusive ouverte au public autour de la créativité en mathématique et dans les arts (Salle des conférences du Palais de la Découverte, samedi 18 juin). Avec la participation de Jean-Marc Lévy-Leblond (physicien et essayiste), Claude Bruter (mathématicien et président de l'ESMA), Jean-Paul Allouche (mathématicien), Tom Johnson (compositeur), Jean-Claude Risset (physicien et compositeur), Jacques Mandelbrojt (peintre et physicien théoricien). Table ronde animée par Moreno Andreatta (Ircam/CNRS). Nombre de participants : environ 100 ;

- animation « maths/musique » pour des groupes d'étudiants (Palais de la Découverte, stand interactif en face de la salle Pi, samedi 18 juin). Avec la participation de Thomas Noll (mathématicien, Escola Superiore de Musica de Catalunya), Martin Carlé (musicologue et informaticien), Gilles Baroin (doctorant, université de Toulouse), Jérémie Garcia (Doctorant en informatique musicale, Ircam, équipe Représentations musicales/In Situ, université Paris XI), Benjamin Lévy (doctorant, équipe représentations musicales);
- exposition « Mathématiques et arts » au Palais de la Découverte (1<sup>er</sup> juin – 4 septembre 2011); cette exposition d'œuvres réalisées par des mathématiciens de l'ESMA était organisée selon quatre thématiques : *Maths/Musique à partir de la physique* : les phénomènes ondulatoires (œuvres de Jean-François Colonna, François Tard, Jean Constant); *Symétries et représentations géométriques d'accords et de gammes* (œuvres de Jos Leys, Tamas Farkas, Jean-François Colonna); *Pavages rythmiques* (œuvres de Mikael Field, Radmilla Szadancovic, David Austin, William Casselman, David Wright); *Block Designs* (œuvres de Tom Johnson).

#### ■ Autres événements scientifiques

##### Colloque international DAFx'11

L'édition 2011<sup>1</sup> de ce colloque international consacré aux applications du traitement de signal audio s'est déroulée du 19 au 23 septembre 2011 et était organisée conjointement par les équipes Analyse et synthèse et Espaces acoustiques et cognitifs. La partie principale de la conférence s'est déroulée sur trois journées autour de 3 conférences invitées (keynote), 33 papiers (dont 3 papiers de revue sur l'état de l'art) et 33 posters (sur un total d'environ 100 soumissions) tous présentés en séance plénière. Les conférences invitées ont été respectivement confiées à Udo Zölzer de l'Université H.Schmidt (Hambourg), à David Zicarelli de la société Cycling'74 (Californie) et à Patrick Flandrin de l'ENS Lyon. Deux demi-journées adossées à la conférence ont été consacrées à des tutoriaux et à des ateliers satellites.

Les trois tutoriaux portaient sur de nouveaux outils mathématiques appliqués à l'audio et ont été présentés par Emmanuel Vincent de l'INRIA, Thomas Hélie de l'Ircam/CNRS et Arshia Cont associé à Arnaud Dessein de l'Ircam. Cette 14<sup>e</sup> édition de DAFx a réuni 130 participants et a été saluée par l'ensemble de la communauté.



1 <http://dafx11.ircam.fr/>

##### Colloque international Tracking the Creative Process

Le colloque international TCPM2011<sup>2</sup> (Tracking the Creative Process in Music) co-organisé par le CEAC (université de Lille-3), la MESHS (Maison Européenne des Sciences de l'Homme et de la Société) et l'Ircam, s'est tenu les 29, 30 septembre et 1<sup>er</sup> octobre 2011. L'objectif était de réunir pour la première fois des chercheurs d'origines disciplinaires différentes travaillant sur les processus de création musicale. Ce colloque fait suite aux premières initiatives dans le domaine de la génétique musicale, avec les colloques d'Urbana (en 2007) et de Paris (en 2008), dont l'équipe était déjà co-organisatrice.

Les réponses à l'appel à communications ont été nombreuses et le colloque a permis de réunir un public de 105 personnes pour entendre 53 communications individuelles. Les communications ont été regroupées en 9 sessions parallèles couvrant un large spectre. Ces communications (traduites simultanément français/anglais – anglais/français) ont été accompagnées de : deux keynotes (William Kinderman : « Genetic Criticism as an integrating Focus for Musicology and Music Analysis » et Pascal Decroupet : « Génétique – théorie – histoire – esthétique »); une session thématique « MuTeC » (première grande présentation publique de nos résultats); une table ronde « Analyse des processus créateurs et recherche en art » avec les représentants de plusieurs grands programmes de recherche/création en Conservatoire et à l'Université; enfin, un concert-rencontre autour de quelques œuvres de Marco Stroppa, avec la participation de Florent Boffard et du compositeur.

L'objectif visant à faire connaître les travaux les plus récents et à faire dialoguer des méthodes spécifiques a largement été atteint, et a rendu nécessaire la pérennisation de ces rencontres. Pour ce faire, le principe d'une conférence TCPM tous les deux ou trois ans a été admis (les éditions 2013 et 2015 sont en discussion). Enfin, la captation vidéo de l'intégralité de l'événement est mise en ligne progressivement sur les sites de l'université de Lille-3, de la MESHS et sur [ressource.ircam.fr](http://ressource.ircam.fr)

##### Colloque international Les corpus de l'oralité

*L'acte créateur entre cultures de l'oralité et cognition musicale en Méditerranée*

Ce colloque international<sup>3</sup>, co-organisé par l'Ircam, le Pôle Méditerranée de l'université Paris-8 et le GREAM de l'université de Strasbourg, notamment dans le cadre du projet ANR CreMusCult, s'est tenu les 24 et 25 novembre (le 24 à l'Ircam et le 25 à Strasbourg). Il avait pour objet la création musicale entre tradition écrite et cultures de l'oralité dans le vaste champ multiculturel du bassin méditerranéen. Le but principal de cette rencontre scientifique entre chercheurs

2 <http://tcpm2011.meshs.fr/>

3 <http://www.ircam.fr/colloques.html?event=1086>

et enseignants provenant d'horizons divers (sociologues, musicologues, compositeurs, etc.) portait sur les stratégies perceptives et cognitives à l'œuvre dans la création, la réception et l'apprentissage des mécanismes de l'improvisation. La journée organisée à l'Ircam a réuni Jean During, Bernard Lortat-Jacob, Fikret Karakaya, Jean-Claude Chabrier, Marcel Pérès, Giuliano d'Angiolini, Dimitri Afgoustidis.

#### Semaine du son 2011

L'édition 2011 de la Semaine du son était placée sous le parrainage de Pierre Boulez. La journée accueillie à l'Ircam a été consacrée en matinée aux nouvelles formes d'écriture pour la spatialisation sonore, avec des interventions d'Hugues Vinet, Olivier Warusfel, Gaël Martinet, Frederick Rousseau, Markus Noisternig, Jean Bresson, Jean-Philippe Boisson.

L'après-midi portait sur le Blue Ray et ses applications grand public, avec des interventions de Jean-José Wanègue, Morten Lindberg, Martha de Francisco, Stefan Bock et Yann Ghesi.

En fin d'après-midi a été proposé un atelier organisé conjointement par le Conservatoire national de musique et de danse de Paris et l'Ircam, qui a permis de comparer le rendu sonore d'enregistrements musicaux à travers différents dispositifs de restitution : stéréophonie, 5.1, Ambisonique, Wavefield synthesis.

## **L'ÉDUCATION POUR LE JEUNE PUBLIC : DÉMOCRATISER LES USAGES ET LES TECHNOLOGIES**

---

L'Ircam affirme sa volonté de développer l'éducation artistique en permettant :

- la rencontre dans la durée avec les œuvres et les artistes, l'exercice « esthétique » et la contemplation ;
- à des pédagogies innovantes qui relient les savoirs et l'expérience sensible de se développer ;
- la pratique et les connaissances apprises, qui s'appuient sur la construction des compétences par les élèves, l'expérimentation et la créativité dans l'apprentissage ;
- à des pédagogies de l'action qui se tournent vers ses publics d'être revalorisées.

L'Ircam tente, à travers plusieurs projets, de nourrir ces problématiques et de les partager avec d'autres en imaginant des processus de diffusion et de travail en réseaux originaux. L'année 2011 aura été particulièrement riche avec le développement du concept des ateliers de la création dans trois régions françaises, et une importante action hors les murs en Italie.

## L'ACTION SCOLAIRE

### ■ Chiffres clés

- 20 ateliers ou conférence – 240 élèves accueillis à l'Ircam ;
- 40 h de face à face pédagogique.

### ■ Principe et thématiques

Les activités proposées dans le cadre de l'action scolaire à l'Ircam permettent aux enseignants de susciter une rencontre privilégiée entre les élèves et les problématiques de la création musicale contemporaine. Elles se déclinent sous deux formes : un atelier pratique et une conférence pédagogique.

### ■ Atelier pratique : Instrument réel/Instrument virtuel

Public : élèves de 4<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 2<sup>nd</sup>e, 1<sup>re</sup>.

Un atelier pratique de lutherie virtuelle pour redécouvrir le phénomène sonore et les instruments de l'orchestre (janvier à juin 2011).

Quels sont les éléments constitutifs des instruments de musique ? Quels gestes permettent de produire le son ? Peut-on différencier un son acoustique d'un son artificiel ? Comment imaginer des instruments monstrueux, tel une corde en bois d'un kilomètre de long ?

Dédié à la découverte et à l'expérimentation de la synthèse par modèles physiques, cet atelier prend appui sur l'exploration auditive de différents instruments de musique : percussions en métal, cordes frottées, instruments à vent. La prise en main d'une interface informatique intuitive permet aux élèves de construire et de contrôler des « avatars » instrumentaux. Une série de manipulations permet d'en varier la taille, la forme et la matière, d'en modifier le mode d'excitation et le point d'écoute. Après validation des hybrides ainsi créés, les participants sont invités à réaliser une séquence musicale collective.

### ■ Atelier pratique : Portrait d'un son

Public : élèves de 4<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 2<sup>nd</sup>e, 1<sup>re</sup>.

Un atelier pratique pour plonger au cœur des éléments constitutifs du son (septembre 2011 à juin 2012).

Comment décrire une sonorité ? À partir de quelles représentations, avec quelles unités ? Quels sont les liens qui existent entre les caractéristiques physiques d'un son et ce que l'oreille est capable d'en percevoir ?

S'appuyant sur une observation guidée de la forme d'onde et de la représentation spectrale, cet atelier propose de découvrir les principales caractéristiques du phénomène sonore. Si l'outil informatique facilite l'analyse des différents paramètres, s'il est une aide précieuse pour concevoir des représentations de la sonorité et regrouper les sons en quelques grandes « familles », il nous invite également à aller bien au-delà de la simple description. En transformant le son jusque

dans ses composantes les plus essentielles, les plus intimes, en générant des sonorités dérivées inédites et bien souvent surprenantes, cet atelier propose aux participants de donner à entendre le son lui-même. En fin de séance, les passerelles subtiles entre sonorité et musicalité sont explorées à travers la mise en œuvre d'une séquence expérimentale collective.



Instrumentiste

© Audrey Campion

### ■ Conférence pédagogique : Du Labo au Studio

Public : élèves de terminale, conservatoires, enseignement supérieur.

Un panorama de l'expérimentation sonore et de la recherche musicale à l'Ircam.

La conférence pédagogique « du labo au studio » aborde l'actualité de la recherche musicale, afin d'en comprendre les enjeux scientifiques et d'en percevoir les potentialités créatives :

- Spatialisation : composition et diffusion du son, recherches de pointe pour la restitution de scènes sonores spatialisées et immersives : réalisme et illusions de l'espace sonore ?
- Voix : spécificités spectrales de la voix, techniques de synthèse vocale et de transformation du timbre, de l'âge, de genre, de la prosodie et de l'expressivité : comment se jouer de l'identité vocale ?
- Interactions homme machine : technologies de captation du son et du geste, génération et contrôle du son électronique : comment penser les relations entre l'interprète live et les prothèses informatiques ?
- Acoustique instrumentale : modélisation des instruments de musique et conception de nouveaux instruments virtuels : quelles perspectives pour la nouvelle lutherie ?
- Composition assistée par ordinateur : formalisation de l'écriture musicale, composition du son, improvisation en temps réel avec un ordinateur : comment la puissance de l'ordinateur est mise au service de l'imagination musicale ?

Au fil de la présentation, des moments d'écoute et d'échange entre les participants et le formateur illustrent les aspects théoriques afin de les rendre compréhensibles par tous.

■ Réalisations

Tableau récapitulatif des actions scolaires 2011

Date	Établissement	localisation	Activité	section	élèves
07/01/11	Institut de l'Assomption	Paris	Labo Studio adapté	Terminale	10
18/01/11	Lycée Louis Armand	Paris	1 Atelier Réel/Virtuel	1 <sup>re</sup> Électronique	12
20/01/11	Lycée les Augustins	Orsay	1 Atelier Réel/Virtuel	2 <sup>nd</sup> e, 1 <sup>re</sup> et Terminale	10
26/01/11	Lycée Guisthau	Nantes	Conférence Labo/studio	Terminale	13
26/01/11	Lycée Paul Lapie	Courbevoie	Conférence Labo/studio	Terminale	15
26/01/11	Lycée Courbet	Belfort	Conférence Labo/studio	Terminale	11
05/04/11	Collège Nazareth de Voisenon	Voisenon	2 Atelier Réel/Virtuel	3 <sup>ème</sup>	22
06/04/11	Lycée Eugénie Cotton	Montreuil	Conférence Labo/studio	BTS Multimédia 1 <sup>re</sup> année	15
13/04/11	Lycée Jean de La Fontaine	Amiens	Conférence Labo/studio	Terminale	11
13/04/11	Conservatoire de Rouen	Rouen	Conférence Labo/studio	Lycée et licence	18
18/07/11	École d'art américaine	Fontainebleau	Atelier Réel/Virtuel adapté	Compositeurs	8
23/11/11	Lycée St-Louis de Gonzagues	Paris	Portait Atelier d'un son + Labo studio	2 <sup>nd</sup> e	20
05/12/11	Centre Pompidou	Paris	Conférence Labo/studio adaptée	Enseignants	25

LES ATELIERS DE LA CRÉATION

Les Ateliers de la création portent une ambition simple, mais exigeante : proposer à des élèves de lycées professionnels, éloignés du monde de l'Art et de ses institutions, une plongée au cœur de la création la plus contemporaine, durant une année scolaire, en abordant conjointement les arts visuels, les arts du son et les nouvelles technologies pour la création.



© Hervé Véronese

■ Chiffres clés

- 4 lycées professionnels partenaires ;
- 1 Institut Médico-éducatif ;
- 45 élèves ;
- 15 professeurs et médiateurs impliqués ;
- 120 h de face à face pédagogique ;



© Frac Bretagne



© Hervé Véronese

### ■ Enjeux

L'Ircam et le Centre Pompidou ont mis en place le projet pilote d'éducation artistique « Les ateliers de la création » en 2007-2008 afin de répondre à trois objectifs principaux :

- proposer à des élèves de lycées professionnels, éloignés du monde de l'Art et de ses institutions, une plongée au cœur de la création la plus contemporaine, durant une année scolaire, en abordant conjointement les arts visuels, les arts du son et les nouvelles technologies ;
- réfléchir à un dispositif pédagogique innovant, qui s'inscrive dans la réforme du Bac professionnel en trois ans, et réponde notamment aux nouveaux programmes « Arts Appliqués et Cultures Artistiques » qui mentionnent les arts du son ;
- documenter cette expérience afin de produire des outils méthodologiques qui puissent servir à l'ensemble des porteurs de projets dans les lycées professionnels et les institutions culturelles.

### ■ Déroulement

Ce projet se présente comme un parcours à la croisée des arts visuels, des arts du son et des nouvelles technologies. Durant plus de vingt heures d'ateliers encadrés par des médiateurs et des enseignants, complétés par des rencontres avec des artistes et des spectacles, l'élève explore une œuvre plastique de semaine en semaine, dépasse sa

perception spontanée pour décrypter les matériaux et les processus à l'œuvre dans le travail de l'Art, acquiert un vocabulaire spécifique, s'approprie les techniques de prise de son et de studio afin de créer lui-même une scène sonore qui est comme une lecture créative de l'œuvre plastique. Par cette appropriation progressive, il est à même de devenir finalement le médiateur des œuvres, à l'occasion d'une restitution publique.

### ■ Réalisations et décentralisation

Après trois années d'expérimentations avec 7 classes de la région Ile-de-France, au Centre Pompidou et à l'Ircam et un important travail de documentation, un outil en ligne a été produit afin de valoriser et de diffuser l'expérience dans la communauté éducative.

Ce site est accessible depuis avril 2010 à l'adresse [www.ateliers-creation.centrepompidou.fr](http://www.ateliers-creation.centrepompidou.fr).

L'Ircam et le Centre Pompidou lancent chaque année un appel à projet national à destination de partenaires concernés par les mêmes enjeux d'éducation.

Suite à un appel à projets lancé en mai 2011, cinq projets en Rhône Alpes, Ile-de-France et Midi-Pyrénées ont été sélectionnés pour recevoir un soutien aussi bien méthodologique que financier du Centre Pompidou et de l'Ircam :

Région	Rhône Alpes	Rhône Alpes	Rhône-Alpes	Ile de France	Midi Pyrénées
Établissement scolaire	Lycée professionnel Joseph Haubtmann, 20 rue Burdeau, BP 548, 42007 Saint-Étienne Cedex 1	Institut Médico-éducatif La Croisée, 235 rue de la Perronnière, 42320 La Grand-Croix	Lycée professionnel Georges Lamarque 10 rte Genève 69140 Rillieux-la-Pape	Lycée professionnel Gourdou Lesseure, St-Maur des Fossés	Lycée professionnel Myriam, 9 et 20 rue Mage, 31000 Toulouse
Classe	Première option « Industries Graphiques »	Groupe de 8 jeunes déficients intellectuels	Première Bac Professionnel « Technicien de fabrication Bois et Matériaux »	Seconde option « Dessin Industriel »	Terminale CAP option « Prêt à porter »
Partenaire Arts visuels	Musée d'Art Moderne de Saint-Étienne [Delphine Alleaume]	Musée d'Art Moderne de Saint-Étienne [Mélodie Blanchot]	IAC Villeurbanne (Adeline Lépine)	Centre Georges Pompidou (Norbert Godon)	Galerie Sollertis
Partenaire son	Conservatoire à rayonnement régional Jules Massenet [Bruno Capelle]	Conservatoire Jules Massenet (Diego Losa)	Grame (Samuel Sighicelli)	Ircam (Grégoire Lorieux)	Collectif Eole [Jacky Mérit, Pierre Jodlowski]
Équipe enseignante	Corinne Thomas [Lettres-histoire], Véronique Chanon [ULIS], Pauline Touron [Arts appliqués]	Florence Romano [éducatrice]	Nicolas Combasson [Arts appliqués], Cécile Picaud [Math-Sciences], Benoît Drouet [Anglais], Damien Coursodon [provisseur adjoint]	Marie-Louise Cittée [Arts appliqués], Mme Cathalie [Français], Mme Maréchal [provisseur]	Julie Malacan [arts appliqués], Mme Gény [documentaliste], M. Arrouy [Français], Mme Mercier [métiers de la mode]
Œuvre de référence	Robert Morris, <i>Sans Titre</i> (1968-1972)	Tony Cragg, <i>Clear-Glass-Stack</i> (1999)	Diana Thater, <i>The Best Animals are the flat Animals (version 2)</i> , 1998	Télémaque, <i>My Darling Clementine</i> (1963)	Katia Bourdarel, <i>Petit frère chevreuil</i> (2009)

Les équipes du Centre Pompidou et de l'Ircam ont accompagné les quatre projets régionaux pour le montage du calendrier des activités et l'organisation pédagogique des ateliers. Elles jouent également un rôle de conseil, aussi bien sur les aspects méthodologiques, techniques qu'administratifs des Ateliers de la création. Parallèlement, l'Ircam et le Centre Pompidou participent de nouveau cette année à un projet en Ile-de-France, avec le concours du lycée Gourdou Lesseure.

**■ Valorisation**

Afin d'offrir une plus grande visibilité aux projets développés en région, des pages spécifiques ont été développées sur le site Internet des Ateliers de la création (<http://www.ateliers-creation.centrepompidou.fr/-Projets-en-region>). Un blog permettant aux différents acteurs des projets (élèves, enseignants, médiateurs) de témoigner directement de leurs expériences (<http://www.ateliers-creation.centrepompidou.fr/-Projets-en-region>) a également été créé. Plusieurs articles sont publiés régulièrement.

Une journée de rencontre entre projets est prévue pour le mois de mai 2012. Cette rencontre nationale est organisée chaque année, pour accompagner la pérennisation et l'élargissement des Ateliers de la création.

**■ Partenaires**

Ce projet a reçu le soutien du ministère de la Culture et de la communication (service de la Coordination des politiques culturelles et de l'innovation), des Drac Rhône-Alpes et Midi-Pyrénées, du ministère de l'Éducation nationale, des délégations académiques à l'action culturelle et des inspections académiques de Lyon, Toulouse et Saint-Étienne.

**LES PARCOURS MUSIQUE MIXTE POUR LES JEUNES INTERPRÈTES**

**■ Chiffres clés**

- 3 parcours « répertoire » ;
- 8 stagiaires + auditeurs libres ;
- 96 h de face à face pédagogique ;
- 3 professeurs d'instruments associés.

**■ Principes**

L'Ircam poursuit son association avec conservatoires, écoles de musique ou festivals, pour proposer des parcours « musique mixte » destinés aux jeunes musiciens professionnels, ou en voie de professionnalisation. Ces parcours leur permettent de se familiariser avec les technologies, de s'initier au jeu instrumental avec électronique et de travailler aussi bien des classiques contemporains que des créations récentes du répertoire pour instrument et électronique. En plus du travail avec le RIM et le professeur d'instrument, les étudiants rencontrent, à chaque fois que cela est possible, les compositeurs des œuvres qu'ils jouent. Les parcours sont en général articulés en trois volets :

- découverte des dispositifs et enjeux de l'œuvre mixte ;
- séances de travail autour du répertoire avec le professeur d'instrument et/ou le compositeur en question ;
- atelier public de présentation.

**■ Réalisations 2011**

Suite au changement de direction intervenu au CNSMDP et en attente de la nouvelle équipe des responsables pédagogiques, il a été décidé de privilégier pour l'année 2011 les parcours création avec les étudiants du CNSMDP et de discuter ultérieurement d'une reprise des parcours musique mixte pour l'année 2012.

Où ?	Quoi ?	Enseignant ?	Quand ?	Stagiaires	Face à face pédagogique
CRR Aubervilliers – La Courneuve					
	Parcours répertoire guitare	Jean-Marc Zvellenreuther	sept-oct 2011	2	12 h
	Parcours répertoire duo violon/contrebasse	Valérie Guérout	sept-oct 2011	2	7h30
	Parcours répertoire duo flûte/clarinette	Valérie Guérout	sept-oct 2011	2	7h30

## LES ACTIONS HORS LES MURS

### ■ L'Ircam à la Biennale de Venise septembre 2011

La Biennale de Venise invite l'Ircam pour une série d'ateliers destinés aux jeunes compositeurs italiens.

- *Ateliers musique mixte*  
Un travail collectif a été mené sur les esquisses des pièces mixtes réalisées en amont par les compositeurs stagiaires. Une occasion d'aborder très concrètement avec les musiciens différentes problématiques de réalisation électronique.  
Intervenants : Emmanuel Jourdan, Grégoire Lorieux, Yan Maresz.
- *Ateliers logiciels*  
Présentation des logiciels récents développés à l'Ircam, abordés à travers des problématiques musicales : outils du temps réel, présentation de Max4Live, composition assistée par ordinateur (initiation à OpenMusic), suivi de partition (Antescofo), spatialisation, synthèse sonore, etc.  
Intervenants : Emmanuel Jourdan, Grégoire Lorieux, Yan Maresz.
- *Conférences : les compositeurs à l'Ircam*  
Plusieurs compositeurs italiens ayant étudié à l'Ircam ont présenté leurs réalisations, en interaction avec des musiciens.  
Intervenants : Francesca Verunelli, Andrea Agostini, Daniele Ghisi, Eric Maestri.
- *Deux concerts* ont complété le programme de la semaine, intégrant des pièces récentes emblématiques de l'Ircam pour instruments solistes et électronique.

### 28 septembre, 18h, conservatoire Marcello, compositeurs issus du Coursus de composition et d'informatique musicale de l'Ircam :

Pièce	Compositeur	Interprète
<i>Transmission</i>	Franck Bedrossian	Brice Martin, fagott
<i>Metallics</i>	Yan Maresz	Gabriele Cassone, trompette
<i>Art of Metal II</i>	Yann Robin	Alain Billard, clarinette contrebasse
<i>Conical intersect</i>	Roque Rivas	Brice Martin, fagott

### 30 septembre, 18h, conservatoire Marcello, Concert jeune création italienne

Pièce	Compositeur	Interprète
<i>Interno rosso con figure</i>	Francesca Verunelli	Anthony Millet, accordéon
<i>Gli atorni che s'accendevano e radiavano</i>	Andrea Agostini	Roberto Favaro, saxophone
<i>Comment pouvez-vous lire à présent ? Il fait nuit</i>	Daniele Ghisi	Ilario Morciano, saxophone
<i>Ritratto vivente</i>	Eric Maestri	Georgia Privitera, violon

**■ Suona Francese – l'Ircam en Italie avril 2011**

Une série de conférences-séminaires autour des nouvelles technologies pour la création sonore.

Partenaires : Ambassade de France en Italie et Conservatoires des villes de Turin, Venise, Milan, Trento, Rome

Trois jeunes compositeurs, formés durant deux ans à l'Ircam, sont venus donner une série de conférences et de séminaires dans cinq villes d'Italie pour transmettre leur expérience à la nouvelle génération de compositeurs et de musiciens italiens. Ils leur ont montré les technologies développées par l'institut, leur ont fait découvrir les principaux champs sur lesquels travaillent les chercheurs et ont présenté les projets artistiques réalisés pendant cette période : interaction en temps réel entre instrument et électronique, spatialisation du son, design sonore, instruments virtuels, suivi de geste musical, aide à la composition avec l'informatique. Ils ont été accompagnés par Yan Maresz et Mauro Lanza, enseignants à l'Ircam, et compositeurs reconnus pour leur maîtrise de l'écriture électronique.

Lieu	Date	Intervenant	Thème	Durée
Torino	5 avril	Mauro Lanza	Présentation générale de l'Ircam + concepts de l'informatique musicale	3h
		Lorenzo Pagliei	Composer et jouer avec des instruments virtuels	3h
	6 avril	Mauro Lanza	La synthèse sonore et la formalisation de la pensée musicale	3h
		Andrea Agostini	Musique mixte : traitements, synthèse et spatialisation du son en temps réel	3h
	7 avril	Andrea Cera	Qu'est-ce que le Design sonore ? design sonore industriel vs. design sonore expérimental	3h
Venezia	7 avril	Mauro Lanza	Présentation générale de l'Ircam + concepts de l'informatique musicale	3h
		Lorenzo Pagliei	Composer et jouer avec des instruments virtuels	3h
	8 avril	Mauro Lanza	La synthèse sonore et la formalisation de la pensée musicale	3h
		Andrea Agostini	Musique mixte : traitements, synthèse et spatialisation du son en temps réel	3h
Milano	11 avril	Yan Maresz	Présentation générale de l'Ircam + exemples de projets	3h
		Lorenzo Pagliei	Composer et jouer avec des instruments virtuels	3h
	12 avril	Francesca Verunelli	De l'idée musicale à la forme : composer avec l'ordinateur	3h
		Yan Maresz	Orchestration/synthèse/spatialisation	3h
Trento	14 avril	Yan Maresz	Présentation générale de l'Ircam + exemples de projets	3h
		Francesca Verunelli	De l'idée musicale à la forme : composer avec l'ordinateur	3h
	15 avril	Andrea Agostini	contrôle de la synthèse sonore/interaction	3h
		Yan Maresz	Orchestration et écriture mixte projets personnels	3h
Roma	15 avril	Mauro Lanza	Présentation générale de l'Ircam + concepts de l'informatique musicale	3h
		Francesca Verunelli	De l'idée musicale à la forme : composer avec l'ordinateur	3h
	16 avril	Lorenzo Pagliei	contrôle de la synthèse sonore/interaction	3h
		Mauro Lanza	La synthèse sonore et la formalisation de la pensée musicale	



**RECHERCHE  
ET DÉVELOPPEMENT,  
L'UMR STMS**



# INTRODUCTION

## SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Le département Recherche et développement de l'Ircam mène des recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires en rapport avec les problématiques musicales, dans le contexte de la création contemporaine. La mise en œuvre de ces travaux suit une organisation thématique par équipes spécialisées. Ces recherches, menées dans le cadre de l'unité mixte de recherche STMS (sciences et technologies de la musique et du son) débouchent sur le développement d'environnements logiciels, principalement destinés aux compositeurs et aux professionnels de la musique et du son et diffusés notamment dans le cadre du Forum Ircam. Cette dynamique de recherche tournée vers les problématiques de la création contemporaine, selon des modalités constamment réévaluées, donne lieu à la consolidation d'une expertise originale autour des STMS, qui fait l'objet de différentes formes de structurations et collaborations avec des institutions et partenaires industriels aux échelles nationale, européenne et internationale.

### ■ Synthèse des travaux de recherche et développement

Les principaux points marquants des travaux de l'année sont présentés ci-après, selon les quatre orientations thématiques transversales de la nouvelle période triennale initiée en 2011, elles-mêmes subdivisées selon les thèmes de recherche musicale structurant l'activité des équipes dans leur relation avec les enjeux musicaux.

#### Analyse, synthèse et traitements sonores

- *Modèles de signaux* : importantes avancées sur l'adaptation automatique et dynamique de la résolution temps fréquence de la Transformée de Fourier à court terme ; perfectionnement des algorithmes de détection des transitions et débuts de notes et de l'algorithme de détection de fondamentales multiples ; premiers aboutissements de la modélisation d'instruments à partir d'un modèle source filtre hybride (projet SOR2) ; démarrage du nouveau projet ANR Houle, visant l'élaboration de modèles hiérarchiques pour l'analyse de scènes auditives ; démarrage de la thèse de Wei-Hsiang Liao sur la modélisation de sons de textures ; soutenance de la thèse de Marcelo Caetano sur le thème du morphing d'instruments quasi-harmoniques ;
- *Synthèse audio temps réel* : lancement d'une collaboration avec Cycling '74, éditeur du logiciel Max/MSP, pour l'intégration modulaire du moteur SuperVP dans cet environnement ; poursuite du projet Topophonie avec l'étude de méthodes de synthèse de texture ; démarrage de la thèse de Ianis Lallemand sur la segmentation multi-échelles de sons dans des bases de données ; développement pour l'installation de réalité augmentée Topophonie Mobile d'un moteur de synthèse granulaire pour téléphones mobiles (IAE) ;
- *Indexation musicale* : poursuite du projet industriel Quaero dans lequel l'Ircam coordonne les travaux sur l'indexation automatisée de morceaux de musique, avec des aboutissements importants sur la reconnaissance de morceaux de musique (fingerprinting) et sur la classification automatique des morceaux. Les travaux de l'Ircam liés au projet ont obtenu, comme les années précédentes, parmi les meilleurs résultats à de nombreuses rubriques de la campagne internationale d'évaluation MIREX'11 ; montage et lancement des projets européens MIREs et 3DTVS, s'attachant respectivement à l'élaboration d'une prospective relative aux recherches sur l'indexation musicale, et au développement de méthodes d'indexation audiovisuelle pour la télévision ; poursuite des travaux sur la géométrie de l'information et leurs applications à l'écoute automatique ;
- *Voix* : reprise des recherches sur la transformation de parole en chant ; soutenance de la thèse de Nicolas Obin sur l'analyse et la modélisation de la prosodie et du style de parole ; aboutissement des travaux du projet Feder Angel Studio (création d'avatars avec synthèse de voix approchant celle d'un locuteur cible) et démarrage du projet Feder Voice4Games visant le développement d'outils vocaux pour les jeux et notamment de « casting vocal » (recherche de voix similaires à une voix de départ dans une base de données) ; poursuite des travaux sur la conversion d'identité prenant en compte la modélisation du signal glottique, et sur la constitution d'un corpus de référence en français de parole annoté prosodiquement et syntaxiquement (projet Rhapsodie) ;
- *Acoustique instrumentale et modèles physiques* : poursuite et avancées du projet ANR PAFI visant la constitution d'outils de caractérisation des instruments pour les luthiers, dans le cadre d'études sur les instruments à vent ; important renouvellement des directions de recherches avec le démarrage en fin d'année des projets ANR Imarev (instruments avec contrôle actif), en lien avec les nouvelles thèses de Simon Benacchio et Thibaut Meurisse, et Cagima (Conception acoustique globale d'instruments de musique à anche justes et homogènes) ; nouveaux résultats sur la modélisation d'ondes progressives dans les tubes, sur la convergence de séries de Volterra et la simulation de modèles d'amplificateurs de guitares ; étude du couplage aéroacoustique

entre la glotte et le conduit vocal pour des modèles de synthèse vocale; perfectionnements du logiciel Modalys – démarrage de la thèse de Florie-Anne Baugé en collaboration avec Dassault Systèmes sur la simulation temps réel, intégration de réponses impulsionnelles mesurées comme résonateurs, accord automatique des structures à éléments finis et participation au développement de Mlys 2 fournissant une interface simple et pédagogique; extensions fonctionnelles de la bouche artificielle robotisée pour les cuivres;

- *Spatialisation*: finalisation de l'investissement soutenu par la région Ile-de-France (projet Peri-Ode du programme Sesame) par l'installation d'un système mixte Wavefield synthesis et Ambisonique aux ordres supérieurs à l'Espace de projection et dans plusieurs studios de l'Ircam; soutenance des thèses de Joseph Sanson sur le contrôle musical et perceptif de la WFS et d'Adrien Daniel sur le floutage spatial auditif et ses applications au codage audio multicanal; premiers aboutissements de la modélisation de scènes spatialisées par des réponses impulsionnelles spatiotemporelles (projet SOR2), ayant donné lieu à l'élaboration d'un système de mesure multicanal et à des opérateurs de transformations; nouveaux modèles binauraux et perfectionnements des techniques de synthèse binaurale (modélisation, rendu adaptatif); développement et commercialisation de nouveaux modules dans la collection d'insérables professionnels «IrcamTools».

#### Représentations et langages

Cette thématique transversale regroupe les différentes approches de formalisation informatique des contenus musicaux, et de leur mise en œuvre dans des environnements informatiques faisant intervenir l'élaboration de langages dédiés.

- *Orchestration*: importantes avancées sur l'orchestration dynamique par la modélisation du problème sous forme d'analyse multi-objectifs de séries temporelles et le développement du modèle dans le nouvel environnement modulaire d'orchestration Atoms;
- *Contrôle de la synthèse et de la spatialisation*: intégration du moteur de synthèse de voix chantée Chant dans l'environnement OMChroma et développement d'un système de contrôle de haut niveau représentant un important potentiel pour l'écriture de processus sonores et ayant permis la reproduction d'exemples historiques issus de l'environnement Formes; extensions de l'environnement de spatialisation OMPisma et développement de l'environnement OMSpat permettant le contrôle du Spat de l'Ircam, avec la participation à l'élaboration du standard de description de scènes spatialisées SpatDIF.
- *Nouvelles interfaces pour l'écriture*: perfectionnement de l'éditeur de données temporelles OMSheet et intégration d'un nouveau modèle de programmation visuelle à l'intérieur des éditeurs; développement d'un éditeur de partitions multiples (Meta-Editor) alignées le long d'une

ligne temporelle; papier augmenté: recueil de pratiques de compositeurs et élaboration de premiers prototypes d'interaction entre le papier Anoto et l'ordinateur;

- *Écriture du temps et de l'interaction, suivi de partition*: mise en place de l'équipe MuSync, préfigurant l'équipe-projet commune du même nom devant être constituée avec l'INRIA et le CNRS; application de méthodes de filtrage particulière au suivi de partition et à l'alignement audio; extension de la sémantique d'Antescofo et démarrage de la thèse de José-Manuel Echeveste consacrée aux extensions du langage synchrone d'Antescofo.

#### Interaction musicale, sonore et multimodale

Cette thématique transversale concerne l'étude du geste et de l'interprétation, et la réalisation de dispositifs d'interaction faisant intervenir la modalité sonore.

- *Captation, analyse et modélisation des données gestuelles et sonores*: aboutissement de la thèse de Baptiste Caramiaux avec le perfectionnement du modèle de structure temporelle fine par filtrage particulière et l'étude de correspondances entre sons et gestes produits spontanément; poursuite des travaux sur l'étude de la co-articulation gestuelle du jeu de trompette; établissement de liens entre la «qualité de mouvement dansé» et le vocabulaire chorégraphique; finalisation du projet Interlude et obtention d'une grande visibilité pour le système de captation modulaire MO issu du projet avec l'attribution du prix Guttman 2011 et présentation à plusieurs expositions internationales, dont «Talk to Me» au MoMa de New York; réalisation d'un nouveau système de captation sans fil de taille réduite pour le projet Urban Musical Game;
- *Interaction geste/son*: démarrage de la thèse de Jules Françoise sur l'apprentissage automatique du couplage geste-son; réalisation du projet Urban Musical Game et présentation conjointe aux festivals Agora et Futur en Seine et dans plusieurs autres événements; démarrage du projet ANR Legos visant l'étude de l'apprentissage sensori-moteur dans des systèmes sonores basés sur des interfaces gestuelles dans plusieurs cas d'usage (rééducation, design sonore, interaction musicale);
- *Interaction reposant sur des modèles symboliques*: extensions de l'environnement OMax: recherche efficace de cibles, conduite parallèle de différents modèles, premières avancées sur la modélisation de rythmes, etc.; premières avancées du projet SOR2 visant à étendre l'architecture d'OMax pour l'augmentation interactive de jeu basée sur des corpus pré-analysés;

#### Fondements cognitifs, théoriques et musicologiques

Cette thématique regroupe les différentes disciplines scientifiques, approches méthodologiques et technologiques produisant des connaissances contribuant en amont à l'ensemble des recherches et débouchant sur différentes formes de médiation :

- *Perception et design sonores* : poursuite des études en psychoacoustique sur la sonie de sons non stationnaires et démarrage du projet ANR Loudnat sur ce sujet ; aboutissement de différents projets industriels dans les domaines de l'horlogerie et de l'automobile, avec notamment la soutenance de la thèse d'Aurélie Frère sur l'étude intermodale de la perception de moteurs diesel (vibration, audition) et les premières études du projet Roadsense consacrées aux alarmes produites par les bandes de marquage audio tactiles sur les routes ; avancées sur les mécanismes intervenant dans l'identification des sons environnementaux ;
- *Interaction et cognition intermodale* : étude de la perception de localisation en apesanteur dans le cadre d'une expérience de vol en collaboration avec le CNES ; démarrage du projet européen Verve visant l'expérimentation du traitement de différentes pathologies par des dispositifs de réalité virtuelle faisant intervenir des stimuli sonores spatialisés et de la thèse de Marine Taffou ;
- *Maths/musique/cognition* : programmation spatiale : étude de la pertinence d'outils topologiques pour la représentation et la classification d'objets musicaux ; extension du projet « Mathématiques/Musique et Cognition » soutenu par l'AFIM sur l'utilisation de la transformée de Fourier discrète en musicologie computationnelle et à la théorie des ensembles homométriques ; démarrage du projet ANR CréMusCult portant sur les stratégies performatives et cognitives de l'improvisation dans les musiques

de tradition orale ;

- *Étude des pratiques musicales et musicologie contemporaine* : aboutissement du projet ANR Mutec avec la finalisation des différents chantiers d'étude de la genèse d'œuvres, d'interfaces hypermédia de documentation (environnement Pacome), l'organisation de la conférence internationale « Analyser les Processus de Création Musicale » à l'automne rassemblant pour la première fois les communautés scientifiques du domaine dans un colloque dédié et la production de différentes publications ; nouvelles études musicologiques : Barraqué, Zimmermann ;
- *Préservation des œuvres* : finalisation du projet ANR Astree visant l'abstraction de processus synchrones de traitement audio par le langage FAUST, ayant notamment consisté en validations à la fois théoriques et par l'exécution en concert d'œuvres du répertoire simulées ; avancées du projet Gamelan avec l'élaboration d'une ontologie des processus de production musicale et la réalisation de premiers prototypes fournissant des inférences sur la succession d'étapes intervenues dans la production d'éléments sonores.

## PROJETS DE RECHERCHE EN COURS

Les équipes de l'Ircam sont très actives dans le dépôt et la gestion de projets de R&D collaborative, tant auprès de la commission européenne, qu'auprès des agences françaises en charge du financement de la recherche. L'année 2011 a été particulièrement fructueuse en projets remportés, avec un taux de succès très important, en particulier dans le Call 7 ICT, les programmes ANR non thématiques qui avaient été peu investis jusqu'à présent, et l'édition 2011 du programme ANR Contenus et Interactions, qui avait connu une année d'interruption (le tableau ci-après n'inclut pas ces derniers, qui démarrent en 2012).

Nouveaux projets 2011	Programme	Thème	Équipes Ircam	Date Début	Date Fin	Référent Ircam	Financement Ircam
Cagima	ANR blanc	Conception acoustique globale d'instruments de musique à anche justes et homogènes	Ac Instr/ AnaSyn	12/1/2011	11/30/2015	J. Bensoam	185 442 €
Hamecmopsys	ANR blanc	Hamiltonian Methods for the Control of Multidomain Distributed Parameter Systems	AnaSyn	1/1/2012	11/30/2015	Th. Hélie	-
LoudNat	ANR blanc	Sonie des sons non stationnaires en écoute binaurale	PDS	11/1/2011	10/31/2015	P. Susini	165 900 €
3DTVS	ICT Call 7	3DTV Content Search	AnaSyn	11/1/2011	10/31/2014	A. Roebel	486 345 €
Verve	ICT Call 7	Vanquishing fear and apathy through E-inclusion: Personalised and populated Realistic Virtual Environments for clinical, home and mobile platforms	EAC	10/1/2011	10/30/2014	I. Viaud-Delmon	199 600 €
Imarev	ANR Post-docs	Instruments de Musique Actifs avec REglages Virtuels	Ac Instr	10/1/2011	9/30/2014	A. Mamou-Mani	423 600 €
Legos	ANR blanc	Evaluation de l'apprentissage sensorimoteur dans des systèmes interactifs geste-son	IMTR/ PDS/ Ac Instr	10/1/2011	9/30/2014	F. Bevilacqua	280 894 €
Houle	ANR JCJC	Apprentissage de structures hiérarchiques pour l'analyse computationnelle de scènes auditives	AnaSyn	9/12/2011	9/11/2014	M. Lagrange	232 000 €
MiReS	ICT Call 7	Roadmap for Music Information ReSearch	AnaSyn	10/1/2011	3/31/2013	G. Peeters	68 713 €
Voice4Games	FEDER	Outils vocaux pour les jeux	AnaSyn/IMTR	4/1/2011	3/31/2013	N. Obin	146 793 €
Projets en cours	Programme	Thème	Équipes Ircam	Date Début	Date Fin	Référent Ircam	Financement Ircam
Quaero	All/ OSEO	Indexation multimédia	AnaSyn	1/1/2008	12/31/2013	H. Vinet/ G. Peeters	1 891 310 €
Roadsense	ANR VTT	Design sonore des bandes routières	PDS	12/1/2010	11/30/2013	N. Misdariis	172 810 €
HC2	FET	Human Computer Confluence Research in Action	EAC	10/1/2010	9/30/2013	I. Viaud-Delmon	98 045 €
Sample Orchestrator 2	ANR ContInt	Traitements Sonores Hybrides et Arrangement Interactif pour Echantillonneurs de Nouvelle Génération	AnaSyn, EAC, IMTR, RepMus	11/1/2010	4/30/2013	H. Vinet	487 617 €
PAFI	ANR ContInt	plateforme modulaire d'aide à la facture instrumentale	Ac Instr	12/1/2008	12/30/2012	R. Caussé	199 255 €
Improtech	ANR SSOC	Technologies et musiques improvisées	RepMus	12/1/2009	11/30/2012	G Assayag	86 805 €
Gamelan	ANR ContInt	Assemblages, Edition et exploitations des contenus et connaissances	SEL	11/1/2009	10/31/2012	J. Barthélémy	323 077 €
Topophonie	ANR ContInt	Modèles et interfaces rendus audiographique granulaires	IMTR	9/10/2009	9/30/2012	D. Schwarz	212 434 €
Rhapsodie	ANR Corpus SHS	Constitution d'un corpus d'étude sur la prosodie en langue française	AnaSyn	12/28/2007	6/27/2012	X. Rodet	68 635 €
Angel Studio	FEDER	Générateur d'avatars personnalisés	AnaSyn	7/1/2009	6/1/2012	X. Rodet	141 373 €
Urban Musical-Game	IDF Proto	Réalisation de prototypes sonores interactifs pour Futur en scène 2011 - Cap Digital	IMTR	1/28/2010	1/27/2012	F. Bevilacqua	58 624 €
MuTeC	ANR Creation	Musicologie des techniques de composition contemporaine	APM	12/1/2008	12/14/2011	N. Donin	158 159 €

# L'ACTIVITÉ RECHERCHE

## ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3	Revue à comité de lecture	1	Nationaux et régionaux	3	LAUM (Le Mans) ITEM (Le Mans)	M. Cacciatore F. Verunelli		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	1	Conférences avec comité de sélection	3	Internationaux		ESEO (Angers) Télécom ParisTech			
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres		Contrats industriels	2	LMA Marseille			
Stagiaires	5	Thèses de doctorat et HDR							

Responsable : René Caussé

L'année 2011 est une année charnière pour l'équipe Acoustique instrumentale avec le démarrage de projets triennaux et quadriennaux et le départ du développeur associé au logiciel Modalys, entraînant la reconstitution de l'équipe.

La partie modélisation des instruments à vent du projet Pafi, sujet de thèse de P. Eveno, a atteint son rythme de croisière en 2011 et les résultats laissent entrevoir des applications prometteuses, l'un des objectifs de ce projet ANR. Ces résultats portent sur les modèles de propagation dans les pavillons, sur l'étude des effets des tampons des clés des instruments à trous latéraux ainsi que sur la prévision des fréquences des notes jouées par le musicien à partir de la mesure ou du calcul des fréquences de résonance de l'instrument seul.

Les projets nouveaux sont Cagima (Conception Acoustique Globale d'Instruments de Musique à Anche justes et homogènes) et Imarev (Instruments de Musique Actifs avec Réglages Virtuels), projets ANR programmes « Blanc » et « Retour Post Doctorants ». Le thème du premier projet est proche de celui de Pafi. Il s'intéresse aux défauts de justesse et d'homogénéité d'émission et de timbre des instruments de musique à anche et ambitionne de remplacer l'approche incrémentale historique adoptée par les facteurs par une approche rationnelle et globale visant à concevoir *ab initio* de nouveaux instruments.

Le projet Imarev, quant à lui, se propose de créer des instruments de musique « actifs » à partir d'instruments acoustiques existants, appartenant à la famille des cordes, des vents ou des percussions. Pour cela, des capteurs et des actionneurs sont embarqués dans la structure intime de l'instrument qui, une fois connectés par une boucle de traite-

ment peuvent contrôler la vibration ainsi que le rayonnement. Le thème de recherche exploratoire intitulé « géométrie différentielle et mécanique », démarré à la suite de la thèse de David Roze sur la modélisation des non-linéarités liées aux grandes amplitudes de vibration, s'est poursuivi en 2011. Il a pour objectif, à terme, de proposer des modèles utilisables en synthèse sonore, ne nécessitant pas des temps de calcul exorbitants.

Dernier point à souligner, l'obtention en 2011, pour la bouche artificielle robotisée, des premières cartographies reproductibles et prometteuses mettant en correspondance les paramètres de contrôle de haut niveau de la bouche et les caractéristiques du son émis.

### ■ Aide à la facture instrumentale

Projet Pafi (Plate-forme modulaire d'Aide à la Facture Instrumentale)

La mise en œuvre d'outils de caractérisation et de prédiction acoustique, dédiés à l'analyse et au prototypage virtuel des instruments à vent, est un des livrables du projet Pafi. Le travail de thèse de Pauline Eveno se propose de fournir des modèles physiques qui pourront, à partir de la forme intérieure donnée d'un instrument, muni ou pas de trous latéraux avec clés et tampons et terminé par un pavillon, de prédire le plus exactement possible les caractéristiques acoustiques qu'aura cet instrument après fabrication.

En 2011, trois études ont été menées en parallèle :

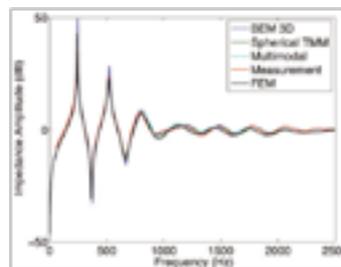
- l'étude sur la propagation et le rayonnement dans les pavillons a été poursuivie et a donné lieu à un article comparant deux modèles, plan et sphérique, chargés par deux impédances de rayonnement différentes [Eveno12a]. Le benchmark sur les différentes méthodes de résolution de l'équation en pavillon, impliquant de nombreux partenaires, est toujours en cours. Des pre-

miers résultats ont cependant déjà été présentés au congrès Forum Acusticum à Aalborg [Eveno11a] où P. Eveno a remporté l'«EAA Best Paper and Presentation Award». Ces résultats comprennent les méthodes par matrices de transfert, les éléments de frontières et une méthode multimodale. Il reste à intégrer à ce benchmark les éléments finis et la méthode FDTD (Finite Différence Time Domain) ;

- l'étude sur l'influence des différents types de tampons, abordée dans le cadre d'un stage en 2010, a été complétée. De nouvelles mesures d'impédance ont été réalisées sur un tuyau surmonté d'une clé munie de différents types de tampons, avec ou sans «résonateurs». Des mesures vibratoires ont ensuite été réalisées et ont permis de montrer que les plaques métalliques ou plastiques rajoutées sur la partie souple des tampons agissaient comme des «raidisseurs» et non comme des «résonateurs». Nous avons essayé de caractériser l'effet de ces différents types de tampons sur un saxophone dont certains tampons avaient été changés. L'étude devra être poursuivie faute de résultats tangibles. Les résultats de ces travaux ont été présentés aux Journées Facture Instrumentale et Sciences au Mans [3] et aux Journées Jeunes Chercheurs en Audition, Acoustique musicale et Signal audio à Rennes [Eveno11b] ;
- enfin, une nouvelle étude a débuté dans le cadre du stage de B. Kieffer sur les relations entre fréquences de résonance et fréquences de jeu dans une trompette [Kieffer11a]. Ces travaux ont été réalisés à l'aide d'une famille de trompettes fabriquée à l'IRCCyN (une même trompette sur laquelle sont montées différentes branches d'embouchure). Trois trompettes ont été choisies, leur impédance d'entrée a été mesurée puis quatre musiciens ont été invités à les jouer. Les musiciens devaient jouer de manière «neutre» sans chercher à corriger la justesse, pour plusieurs doigtés différents et plusieurs nuances. Ce panel de notes a permis de faire une étude statistique poussée sur la relation entre les fréquences de résonance et les fréquences de jeu. Le descripteur «Sum Function» proposé dans la littérature pour calculer la fréquence de jeu à partir des fréquences de résonance a également été analysé. Les résultats ont été présentés par R. Causse au Congrès de l'Acoustical Society of America [Causse11a] et par P. Eveno aux Journées Facture Instrumentale & Sciences au Mans [7].



*Pafi: Benchmark sur la modélisation des pavillons (différentes méthodes) et mesure de l'impédance du saxophone (influence des tampons et des résonateurs)*



#### Projet CAGIMA (Conception Acoustique Globale d'Instruments de Musique à Anche justes et homogènes)

Commencé fin 2011, ce projet qui s'intéresse aux défauts de justesse et d'homogénéité d'émission et de timbre des instruments à anche (clarinette et saxophone), ambitionne d'utiliser une approche rationnelle et globale pour concevoir *ab initio* de nouveaux instruments, appelés «logiques» minimisant les défauts identifiés, ce qui constitue un réel saut méthodologique et technologique dans la facture instrumentale.

Pour cela, il s'agit d'évaluer d'abord les contraintes sur la production du son imposées par un instrument au musicien, via la mesure et l'interprétation du geste (pression dans la bouche, appui sur l'anche avec la lèvre, configuration du conduit vocal, etc.), et de les corrélérer à des défauts acoustiques des instruments afin de proposer des méthodologies novatrices de conception globale de la perce et des trous latéraux des instruments à anche. L'étude de critères globaux sera bien entendu au centre du projet, et leur prise en compte aboutira, après un processus d'optimisation, à la fabrication de deux prototypes jouables.

Le projet repose sur les compétences en acoustique musicale du Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA, UPR CNRS 7051) et de l'Ircam, en mécanique des matériaux du Laboratoire des Sciences des Procédés et des Matériaux (LSPM, UPR CNRS 3407), et aussi du facteur d'instruments Buffet-Crampon, l'un des leaders mondiaux.

### ■ Nouveaux instruments - réels et virtuels

Les applications des recherches menées au sein de l'équipe Acoustique instrumentale ont des retombées aussi bien en synthèse sonore dite par modélisation physique (développement du logiciel *Modalys*) que dans l'aide à la conception d'instruments (simulations et prototypes) pour l'extension de l'*instrumentarium*.

#### Projet Imarev (Instruments de Musique Actifs avec Réglages Virtuels)

Programme ANR Retour post-doctorants

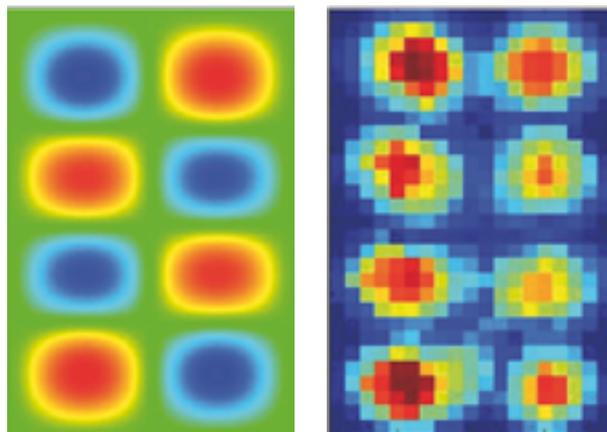
Ce thème d'études s'inscrit dans la lignée des thèmes des années antérieures portant sur l'amélioration et l'extension des possibilités des instruments acoustiques existants ou sur la création. Parmi ces thèmes mentionnons :

- pour l'extension des possibilités, le bec de clarinette à volume variable facilitant l'émission des micro-intervalles ;
- pour l'amélioration, le dispositif d'accord automatique pour la timbale ;
- pour la création, la sourdine wah-wah pour le cor ;
- ces dernières années, une famille d'instruments de musiques innovants, les Instruments Actifs, a commencé à émerger. Parmi ces instruments, citons une lame de xylophone, la caisse d'une guitare, une grosse caisse, des cordes de guitare, de piano, le chevalet d'un violon ou encore une flûte.

Leur principe est basé sur l'utilisation d'instruments acoustiques dont les vibrations et le rayonnement sont contrôlés par une boucle de traitement entre capteurs et actionneurs embarqués dans la structure intime de l'instrument lui-même. Le son final est hybride, il provient de la superposition de la vibration acoustique (ou mécanique) et de son traitement numérique. L'interface avec le musicien reste l'instrument, de même le radiateur acoustique est toujours l'instrument.

Le but de ce projet est de développer des modèles, algorithmes et appareils permettant la création d'instruments actifs, optimisés de manière unifiée et aux applications multiples. Ces instruments permettront aux musiciens de changer la qualité sonore et/ou la jouabilité de leurs instruments, et seront ainsi un outil d'expression et de création nouveau pour les compositeurs.

À la différence du projet Cagima, le projet repose principalement sur l'équipe Acoustique instrumentale de l'Ircam. Cependant des liens forts ont été établis avec l'Institut Jean le Rond d'Alembert de l'UPMC, plus précisément avec les équipes MISES, LAM et MPIA.



*Imarev - Mesure et modélisation des modes de la table d'harmonie*

#### Extensions du logiciel Modalys

Les travaux ont comporté plusieurs volets :

*Enrichissement du logiciel avec des réponses impulsionnelles d'instruments à cordes (quatuor à cordes, contrebasse, guitare...)*

Le point de départ de ce travail était de pouvoir fournir une solution pratique pour des réalisations musicales dans le cas où il n'est pas possible de modéliser finement la caisse de résonance des instruments ou dans le cas où cette modélisation est trop longue à réaliser ou trop coûteuse pour une utilisation temps réel de ces instruments virtuels. Le signal de corde est alors convolué en temps réel avec une réponse impulsionnelle de la caisse de résonance et permet d'apporter du réalisme à la synthèse. La convolution ne permet cependant pas de prendre en compte les échanges d'énergie qui existent entre les sous-structures, à la différence d'une modélisation utilisant les *connexions* de Modalys, reflétant plus la réalité physique.

Pour la convolution temps réel, nous avons utilisé indifféremment l'outil «rtconv» du logiciel *Spat* ou celui écrit par J. Lochard du département Pédagogie.

Ce travail, effectué dans le cadre du stage de L. Hovasse, a également permis de mettre au point une méthodologie, à la fois de mesure des réponses impulsionnelles (au marteau d'impact et accéléromètre ou microphone aérien) et de sélection des «bonnes» impulsions. Il reste à poursuivre cette étude afin de comparer, dans un premier temps, le son synthétisé issu de la convolution et le son réel, et, dans un deuxième temps, l'effet réducteur de la convolution au niveau des échanges d'énergie entre les sous-structures.

*Réalisation d'un script d'accord automatique pour les structures créées avec les éléments finis.* L'idée consiste à accorder automatiquement certains modes d'une structure. Pour une plaque, par exemple, il s'agit de rechercher les bonnes dimensions qui permettront d'accorder un de ces modes à une fréquence donnée.

#### *Participation au développement de Mlys2.0*

(développement réalisé par M. Poletti au sein du département Médiations recherche/création). Mlys est une interface pour Modalys. Il s'agit d'une librairie d'objets Max/MSP dérivée de Modalys qui permet de construire des instruments simples dont le matériau peut être modifié (métal, bois,...pierre) ainsi que les dimensions, et qui peuvent être mis en vibration de plusieurs manières : frappé, frotté, pincé, soufflé...

Cette interface permet de contrôler Modalys directement en temps réel à partir de Max/MSP. Les objets réalisés jusqu'ici sont : la corde pincée, la plaque frappée ou mise en vibration par un signal audio, un tube dans lequel on souffle à partir d'une anche, une corde frottée. Mlys2.0 a été présenté au Forum 2011 dans le cadre d'un atelier.

#### *Applications artistiques*

Parmi les compositeurs qui ont utilisé Modalys en 2011, mentionnons Maurillo Cacciatore (*Concerto pour midi keyboards*, 11 instruments et électronique live) et Tomas Koljatic (*La Libra Quebrada* pour harpe MIDI et électronique).

#### *Applications dans le cadre de contrats industriels*

Le premier a été réalisé avec une société (Oxylane) qui conçoit, perfectionne et met en production des services et articles de sport. Dans le cadre de la recherche et de l'innovation de cette société, nous avons travaillé sur la mise au point d'un moteur de synthèse basé sur la modélisation physique et dérivé du moteur de Modalys pour permettre la création originale de sons de sonnettes. En jouant sur la forme, sur les matériaux et sur l'excitation de la sonnette, le moteur de synthèse a permis de dégager des règles de conception avant de passer à la phase de prototypage. Les différentes phases du travail ont consisté à obtenir un modèle physique suffisamment prédictif, en particulier pour les données d'amortissement et ce pour des formes de plus en plus complexes, de la plaque rectangulaire ou circulaire à des formes de sonnettes existantes. La phase de conception de sonnettes identitaires a été effectuée par un compositeur « designer ». Le deuxième contrat a été réalisé avec une société (Genesis), spécialisée dans l'objectivation de la qualité sonore. Le travail a consisté, comme précédemment, à la mise au point d'un moteur de synthèse basé sur la modélisation physique, dérivé du moteur de Modalys. Cet outil devait permettre d'expérimenter sur des sonneries originales de montres mécaniques pour une entreprise du secteur du luxe. La formation à l'utilisation de cet outil faisait partie également de ce contrat.

#### Autres recherches liées à la synthèse par modélisation physique

Afin d'améliorer le réalisme de la synthèse par modélisation physique, plusieurs verrous scientifiques et techniques sont aujourd'hui bien identifiés. Tenir compte du rayonnement dans la synthèse, considérer les non-linéarités liées aux grandes amplitudes de vibration, modéliser le contrôle

(geste) de l'instrumentiste font partie de ces verrous comme l'est toujours le temps réel pour la synthèse de certains instruments.

Plusieurs contributions ont été apportées ces dernières années sur ces sujets en collaboration avec les équipes EAC (Espaces acoustiques et cognitifs) ou IMTR (Interactions musicales temps réel). En 2011, nous avons poursuivi le thème de recherche exploratoire intitulé « géométrie différentielle et mécanique » sur la modélisation des non-linéarités liées aux grandes amplitudes de vibration dans le cadre de deux stages.

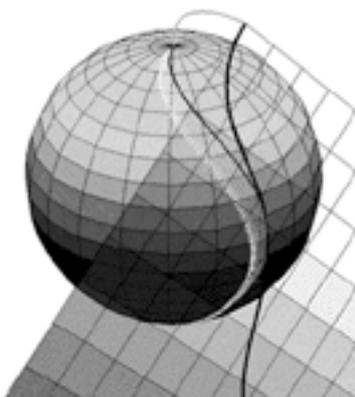
L'étude et la modélisation du geste des instrumentistes à vent sont rattachées au développement de la « bouche artificielle robotisée » pour la trompette réalisée en collaboration avec l'équipe Analyse et synthèse des sons.

#### *Géométrie différentielle et mécanique*

Le sujet de recherche sur l'utilisation de la géométrie différentielle pour la résolution de problème mécanique s'est concrétisé en 2011 par l'encadrement de deux stages de Master 2.

L'application de concepts hérités de la géométrie différentielle à l'étude du comportement de systèmes dynamiques, en considérant les trajectoires empruntées par ces derniers comme des géodésiques, fournit des solutions générales élégantes tout en s'affranchissant des non-linéarités artificielles introduites par le paramétrage de l'espace ambiant à l'aide de systèmes de coordonnées. L'utilisation des groupes de Lie permet alors de considérer l'évolution temporelle du système en fonction des transformations subies par l'action d'un groupe. À l'aide de ce formalisme, une étude complète du problème du corps rigide en rotation a été menée tout en prenant en compte les symétries et invariances du système en introduisant l'ellipsoïde liée à la conservation de l'énergie totale ainsi que la sphère engendrée par l'invariance du moment angulaire. L'intersection de ces surfaces fournit ainsi les solutions du problème et permettra en outre de se questionner sur la stabilité des états d'équilibre du système. Nous montrerons ensuite, en prenant exemple sur le pendule, que la prise en compte de l'énergie potentielle nécessite l'introduction de la métrique de Jacobi. Cette étape permet de pouvoir à nouveau considérer une surface traduisant la conservation de l'énergie et déterminer alors les trajectoires du système. La mise en rotation du pendule permettra finalement de mettre en lumière un exemple simple de bifurcation non-linéaire. Afin de conclure, ce manuscrit proposera des pistes mathématiques telles que l'utilisation des connexions ou des espaces fibrés qui pourraient permettre de compléter et généraliser la méthode.

Nous verrons finalement que le point de vue adopté ici semble pouvoir apporter d'intéressantes perspectives dans des domaines tels que la recherche de modes non linéaires, la synthèse sonore ou l'interaction gestuelle homme machine [Humbert11a].



**Non-linéarités  
en géométrie  
différentielle**

#### *Géométrie différentielle, groupes de Lie et transformations*

Bien que l'acoustique soit l'une des disciplines de la mécanique, sa « géométrisation » est encore limitée à quelques domaines (mécanique des fluides, ultrasons, phonons,..). À l'instar de travaux sur la propagation non linéaire dans les poutres de Reissner, il semble qu'une ré-appropriation des théories de l'acoustique à travers les concepts de la géométrie différentielle puisse permettre d'appréhender les phénomènes non linéaires dans leurs qualités intrinsèques. Il s'ensuit un domaine de recherche visant à établir et à résoudre des modèles dynamiques expurgés de toute non-linéarité artificielle en tirant partie des propriétés de symétrie sous-jacente par l'utilisation de groupes de Lie.

C'est dans ce cadre que s'insère le travail de stage d'école d'ingénieur de Florie-Anne Baugé. Issue du département de mathématiques de l'INSA de Rouen, son rapport est illustré d'un exemple simple et pédagogique présentant les différentes facettes des concepts subtils de la géométrie différentielle [Bauge11a].

#### *Bouche artificielle robotisée pour les cuivres (trompette)*

Dans le cadre du projet de fin d'études de Nicolas Lopes à l'ENSEA (École Nationale Supérieure de l'Électronique et de ses Applications), le développement de la bouche artificielle robotisée dédiée au jeu des instruments de type *cuivre*, réalisé depuis plusieurs années en collaboration avec l'équipe Analyse et synthèse des sons, s'est poursuivi. De nombreux signaux (pression de bouche, pression dans l'embouchure, force d'appui, etc.) sont mesurés et les actionneurs sont pilotés en temps réel par un système dSpace (incluant DSP, carte entrée/sorties, système très employé pour le prototypage dans le secteur de l'automobile et de l'industrie). Ce système est programmable de façon simple et conviviale par Matlab/Simulink et interfaçable avec Max/MSP pour le traitement du signal musical temps réel.

Ce système a déjà permis d'obtenir des calibrations des paramètres de lèvres artificielles, d'effectuer des séries d'expériences reproductibles et de fournir des cartographies, c'est-à-dire de mettre en correspondance les paramètres de contrôle de haut niveau de la bouche et les caractéristiques du son émis (énergie, fréquence fondamentale, centre de gravité spectral, etc.).

À partir de ces résultats, des commandes en boucle ouverte (c'est-à-dire sans aucune correction par rétroaction) ont permis de jouer des séquences simples de quelques notes [Lopes].

La suite de ce travail consiste, d'une part à étudier le comportement dynamique du système couplé « lèvres/instrument », d'autre part à asservir le robot afin qu'il puisse reproduire correctement des sons cibles. À l'aide de cet outil, il sera alors possible d'analyser l'expertise nécessaire au musicien pour contrôler son instrument, d'identifier les paramètres directement corrélés à un effet sonore particulier ou tester l'influence de la vitesse de variation des paramètres de contrôle sur les régimes d'oscillation et les bifurcations.

## ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs	4	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux	1	Univ. Paris-5, FR	
Doctorants	2	Conférences avec comité de sélection	2	Internationaux	2	IEM – Graz, AUT Hôp. G. Pompidou, FR	R. Cendo, M. Garcia Vittoria
ITA		Ouvrages et chapitres	3	Contrats industriels	1	Hôp. Univ. Zurich, CH	L. F. Rizo-Salom
Stagiaires, invités	7	Thèses de doctorat et HDR	2			LIMSI, FR Sony CSL, FR Starlab Barcelona, ESP Catholic Univ. Milano, IT Joanneum Research. Graz, AUT REVE- Inria, FR CNSMDP (FR) Univers Sons (FR)	

*Responsable : Olivier Warusfel*

L'activité de recherche de l'équipe s'organise autour de la notion d'espace dans sa manifestation sonore réelle ou virtuelle et ses liens avec la cognition. Les recherches sur les technologies de restitution sonore se concentrent sur l'analyse-synthèse de champs sonores et les technologies binaurales qui restent une référence pour les études expérimentales liées à la perception spatiale sonore. Parallèlement, l'équipe consacre un volet d'études à l'interaction audition-proprioception pour un développement raisonné de nouvelles médiations sonores basées sur l'interaction corps/audition/espace. Ces activités sont relayées par des développements autour de la librairie temps réel Spat-.

L'année 2011 a permis d'amorcer un cycle de recherche consacré à l'analyse-synthèse de champs sonores. Ce travail, aujourd'hui motivé par le développement de nouveaux algorithmes de réverbération dans le cadre du projet ANR SOR2, nous semble stratégique pour asseoir une grande partie des recherches à venir, qu'il s'agisse du développement de futures versions des systèmes de reproduction massivement multicanal (WFS ou HOA), de l'analyse de scènes sonores ou de l'auralisation de scènes sonores virtuelles. En 2011, le travail a été consacré au développement d'un dispositif de captation massivement multicanal en collaboration avec le Joanneum Research de Graz et à la mise en place de modules élémentaires nécessaires à l'analyse et à la visualisation de champs sonores. Le dispositif de captation devrait aboutir au premier semestre 2012 à la réalisation d'un réseau sphérique de microphones permettant de réaliser le volet expérimental du projet SOR2. En 2012, l'accent sera mis sur le volet transformation et synthèse de réponses impulsionnelles spatialisées de sorte à doter les moteurs de convolution de paramètres contrôle de spatialisation de haut niveau.

L'année 2011 a vu l'aboutissement du projet d'équipement WFS et HOA de l'Espace de projection. Il reste cependant à finaliser la partie logicielle pour la WFS à partir d'une solution développée en interne. Cette réalisation devrait permettre de renouveler notre « offre » de collaboration avec la communauté musicale. Cette collaboration s'amorcera en 2012 avec l'accueil de deux compositeurs en résidence, Natasha Barrett et Rama Gottfried.

Différentes collaborations scientifiques ont été initiées ou réamorçées. Notamment avec l'Inria (Sophia Antipolis) autour du projet européen Verve, prolongement du projet Crossmod et qui aborde la compréhension de l'impact affectif du rendu visuel et auditif d'un environnement virtuel, au niveau de la perception émotionnelle et au niveau du ressenti affectif. Par ailleurs, une collaboration a été établie avec le CNES autour d'un projet original consacré à la cognition spatiale auditive en situation de microgravité. Cette initiative devrait déboucher sur la mise en place d'un projet à long terme.

L'année 2011 a été également marquée par une activité de diffusion scientifique importante, avec notamment la co-organisation du congrès DAFx (en collaboration avec l'équipe Analyse et synthèse des sons) qui a été saluée par les participants et acteurs historiques de la communauté DAFx. Une part importante a été également consacrée à l'activité éditoriale, que ce soit pour l'édition d'un numéro spécial d'Acta Acustica [Noisternig 12b], l'écriture d'articles dans les domaines de l'acoustique [Pollow 12b, Zotter 12b], des neurosciences [ViaudDelmon10a], de la perception auditive ou de projets multi-disciplinaires [ViaudDelmon 2012a].

### ■ Analyse/synthèse du champ sonore

L'analyse des propriétés spatiales du champ sonore résidant dans une salle est un enjeu important pour de nombreuses applications telles que l'analyse de scènes sonores, la perception de la qualité acoustique d'une salle, la localisation automatique des sources sonores ou encore l'identification automatique de la géométrie d'une salle. Dans le domaine de la synthèse, une des applications envisagées concerne le développement de réverbérateurs basés sur un principe de convolution et capables d'exploiter l'information spatiale contenue dans les réponses impulsionnelles directionnelles multicanal mesurées dans différentes salles (DRIR - *directional room impulse response*). Si cette technique désormais répandue offre un haut degré de réalisme, elle souffre d'un manque de flexibilité. En particulier, le champ acoustique varie de manière importante au sein d'une même salle et il peut s'avérer fastidieux de multiplier les points de mesures, tant pour la phase de constitution de la base de données que pour la phase d'exploitation. Par ailleurs, les mesures réalisées portent la signature des dispositifs de microphones utilisés, par exemple une tête artificielle ou un arbre microphonique (stéréo AB, Decca Tree, etc.). Dès lors, ces mesures ne sont adaptées qu'à un type de diffusion donné. Il serait là encore fastidieux de multiplier les mesures pour couvrir de manière exhaustive l'ensemble des formats de prise et de restitution du son.

Le but de ce volet de recherche est par conséquent de développer des outils d'analyse/synthèse permettant de caractériser de la manière la plus exhaustive possible le champ sonore résidant dans une salle à partir d'un échantillonnage spatial parcimonieux. Au moment de la synthèse, l'enjeu est non seulement de pouvoir reproduire l'information captée aux endroits mesurés, mais aussi de pouvoir effectuer des transformations sur la base de paramètres objectifs (e.g. modification de l'incidence des premières réflexions) ou perceptifs (e.g. modification de l'impression d'enveloppement), de pouvoir virtuellement déplacer le point d'écoute ou encore de pouvoir s'adapter de la manière la plus souple possible à n'importe quel type de format de diffusion.

#### Captation de champ sonore

La première étape de ce travail consiste à mesurer le champ sonore à partir d'un ensemble de transducteurs formant une antenne bi- ou tridimensionnelle, éventuellement couplée à un système de balayage spatial. Nous avons adopté le principe des réseaux microphoniques sphériques, domaine bien couvert par la littérature, et pour lesquels les propriétés et performances de résolution spatiale en fonction de la fréquence et d'immunité au bruit peuvent être dérivées à partir de la connaissance du nombre de capteurs, du rayon de la sphère et de son caractère fermé ou ouvert. Par ailleurs, ce principe de capture de champ sonore se prête bien à l'analyse du champ sonore dans le domaine des harmoniques sphériques. En 2010, une première réalisation était basée sur un

ensemble de 8 cellules microphoniques réparties sur une sphère fermée de 8 cm de diamètre et effectuant une rotation par pas de 10° ou 5° de sorte à capter l'équivalent de 250 à 500 directions de mesure. Ce principe a été utilisé en 2011 de sorte à constituer une première base de données de DRIRs enregistrées dans différentes configurations de l'Espace de projection et à la Cité de la Musique. Cette base de données sera exploitée pour valider les différents modules d'analyse/synthèse de champ sonore en cours de développement.

En 2011 également, une collaboration a été montée avec le Joanneum Research de Graz (AUT) pour le développement d'une plate-forme d'acquisition microphonique massivement multicanal et permettant la transmission d'un flux de signaux multiplexés sur réseau Ethernet Gigabit. Le protocole de communication xFaceStream® utilisé est basé sur le standard IPv4 UDP et développé par la société xFace (AUT). Cette plate-forme permet l'acquisition et la transmission de 64 canaux encodés en 24 bits et avec une fréquence d'échantillonnage réglable jusqu'à 192kHz. Les microphones de type électret (e.g. Panasonic WM-61), sont préamplifiés et transmis par protocole IEPÉ à une carte d'acquisition analogique/numérique 4 canaux. Les seize cartes d'acquisition sont interconnectées à une carte de multiplexage et de transmission des signaux basée sur un circuit logique programmable (FPGA). Ce développement devrait être opérationnel au cours du premier semestre 2012 et permettre l'acquisition de bases de données de DRIRs enregistrées avec un microphone sphérique de 64 capsules ainsi que l'acquisition de scènes sonores spatialisées dans le cadre d'une mise en résidence d'une compositrice désirant travailler sur un dispositif HOA.

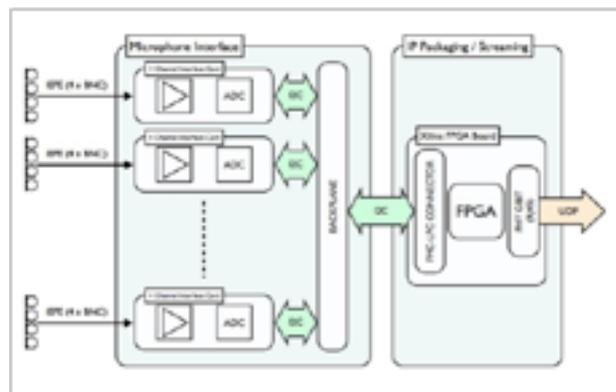


Schéma de la plate-forme d'acquisition microphonique et de transmission multicanal

#### Analyse/Transformation/Transcodage

En 2011, un ensemble de bibliothèques d'analyse et de visualisation des DRIRs a été développé [Nicolle 11a, Colafrancesco 11a]. Ces bibliothèques sont basées sur une description du champ sonore dans le domaine des harmoniques sphériques, dans lequel les transformations sont ensuite effectuées. À titre d'exemple, nous nous sommes

intéressés à la possibilité de transcoder l'information spatiale captée par le réseau sphérique de microphones vers des formats de prise de son standard (stéréophonique, 5.1, etc.). En d'autres termes, l'enjeu est de pouvoir reconstruire l'information qu'auraient captée les différentes cellules de dispositifs standards de prise de son s'ils avaient été centrés à la même position de référence que le réseau sphérique. Un dispositif de prise de son se compose généralement d'un ensemble de cellules microphoniques coïncidentes ou espacées, omnidirectionnelles ou orientées selon des directions précises (XY, AB ORTF, Decca Tree, Hamasaki square, etc.). Reconstruire l'information élémentaire captée par chacune de ces cellules suppose de mettre en place un ensemble d'opérateurs de transformation du champ sonore de sorte à extrapoler celui-ci au-delà de la sphère de mesure, à translater celui-ci vers un autre point de référence, à synthétiser une figure de directivité donnée, et à orienter celle-ci selon une certaine direction. Ces différents opérateurs ont été implantés dans l'environnement Matlab et ont fait l'objet d'une étude de leur domaine d'évaluation [Colafrancesco 11a]. De manière attendue, les opérations d'extrapolation ou de translation sont les plus restrictives. Par exemple, pour reconstruire l'information captée par un couple ORTF (espacés de 17 cm) une troncation de la décomposition du champ à l'ordre 20 permet d'obtenir un résultat correct jusqu'à 10kHz.

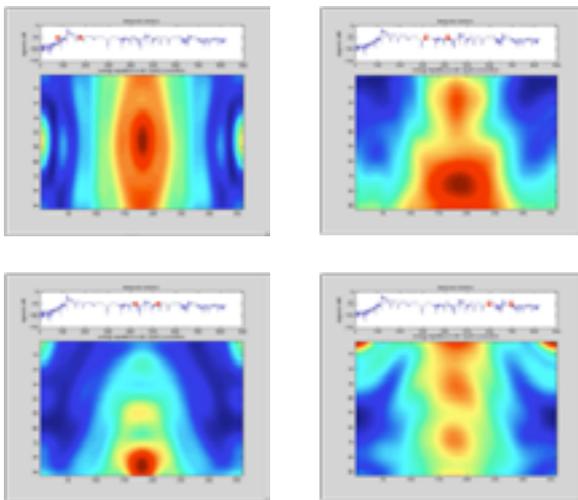


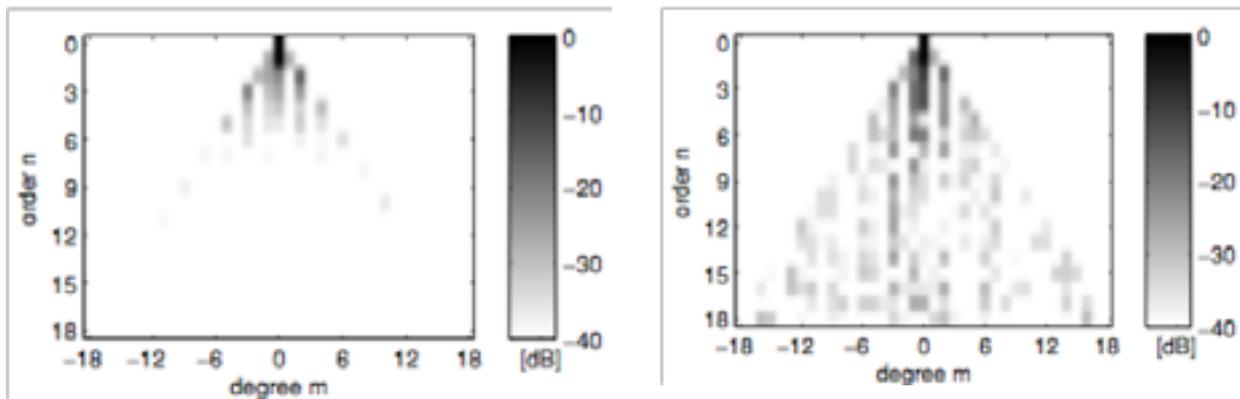
Figure 2. Analyse d'une réponse impulsionnelle de salle spatialisée et captée par un réseau microphonique sphérique. Évolution du champ sonore incident au cours du temps.

## Technologies binaurales

### Transformation et interpolation spatiale des HRTFs

La synthèse binaurale permet un rendu spatialisé d'une source monophonique à une position donnée avec seulement deux filtres linéaires qui correspondent aux fonctions de transfert relatives à la tête (head-related transfer function, HRTF). Elles sont liées à la morphologie de l'auditeur et contiennent l'ensemble des indices perceptifs utilisés par le système auditif pour localiser la source dans l'espace. Les HRTFs personnalisées peuvent être mesurées en chambre anéchoïque pour un ensemble de directions d'incidence pour chaque oreille. Une localisation robuste et précise des sources sonores dans l'espace virtuel requiert la mesure d'un nombre important de HRTFs. L'interpolation de points de mesures manquantes permet de réduire le volume de données à mesurer et à stocker tout en offrant une résolution spatiale suffisante lors de la simulation de sources statiques ou en mouvement. Cette interpolation est, en général, appliquée de manière séparée sur la composante à phase minimale et sur la composante passe-tout des HRTFs.

La représentation de la dépendance spatiale des HRTFs dans le domaine des harmoniques sphériques offre un cadre intéressant pour mener ce travail d'interpolation et permet également d'encoder les HRTFs de manière efficace sans perte d'information [Evans et al. 98, Duraiswami et al. 04]. En particulier, en observant que les HRTFs varient plus faiblement autour de l'axe interaural, cela suggère d'opérer une rotation du système de coordonnées sphériques de sorte que l'axe polaire, normalement vertical, bascule et coïncide avec l'axe interaural. L'analyse de données par transformée en harmoniques sphériques doit être effectuée de manière séparée sur la magnitude et sur l'information de phase des réponses et suppose que l'on dispose de distributions continues sur la sphère. Or l'information de phase n'est accessible que modulo  $2\pi$  et présente par conséquent des discontinuités. Il convient donc de procéder préalablement à un déroulement de la phase (phase unwrapping). Cependant un déroulement de la phase effectué dans le domaine spectral et de manière individuelle pour chaque direction ne permet pas d'assurer le critère de continuité spatiale. À cet effet, il est préférable d'utiliser des méthodes de déroulement de la phase dans le domaine spatial telles que celles utilisées en recherche graphique [Constantini et al. 2002]. La transposition de ces méthodes pour l'analyse des HRTFs montre de bons résultats et permet de minimiser l'ordre de décomposition nécessaire. Ainsi une base de données de HRTFs mesurées sur une grille de 1024 directions peut être représentée efficacement avec une décomposition à l'ordre 5, c'est-à-dire avec 36 composantes [Zaar 12b].



*Comparaison du spectre de décomposition spatiale d'un ensemble de HRTFs après déroulement de la phase dans le domaine spectral (à gauche) ou dans le domaine spatial (à droite).*

### Technologie transaurale

Les travaux pionniers sur la reproduction transaurale remontent aux années 60 et se sont depuis poursuivis de manière épisodique par différentes études consacrées à l'optimisation des structures de filtrage : structures directes (Atal et Schroeder 63), récursive (Iwahara et Mori 78), shuffler (Cooper et Bauck 89), générale (Gardner 97), distribution de sources optimale (Takeushi et Nelson 00), shuffler asymétrique (Vandernoot 01). Par ailleurs, dès sa conception, le Spatialisateur de l'Ircam a été doté de modules de décodage transaural sur deux ou quatre haut-parleurs [Jot et al. 95]. Ce mode de restitution est cependant resté d'usage relativement confidentiel en raison des artefacts de coloration généralement associés au filtrage transaural et des contraintes de placement de l'auditeur.

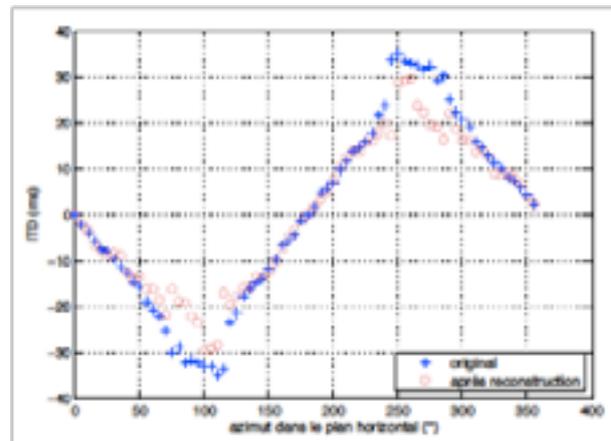
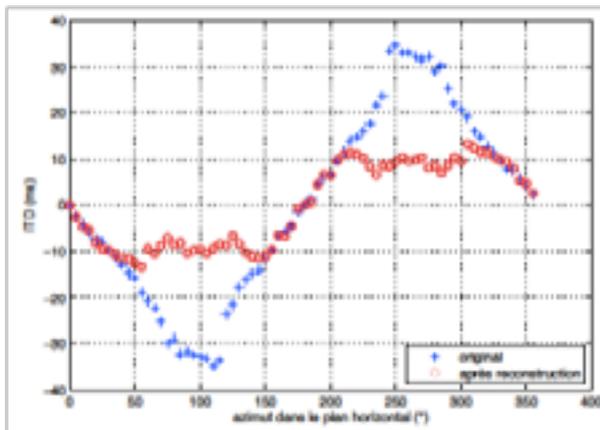
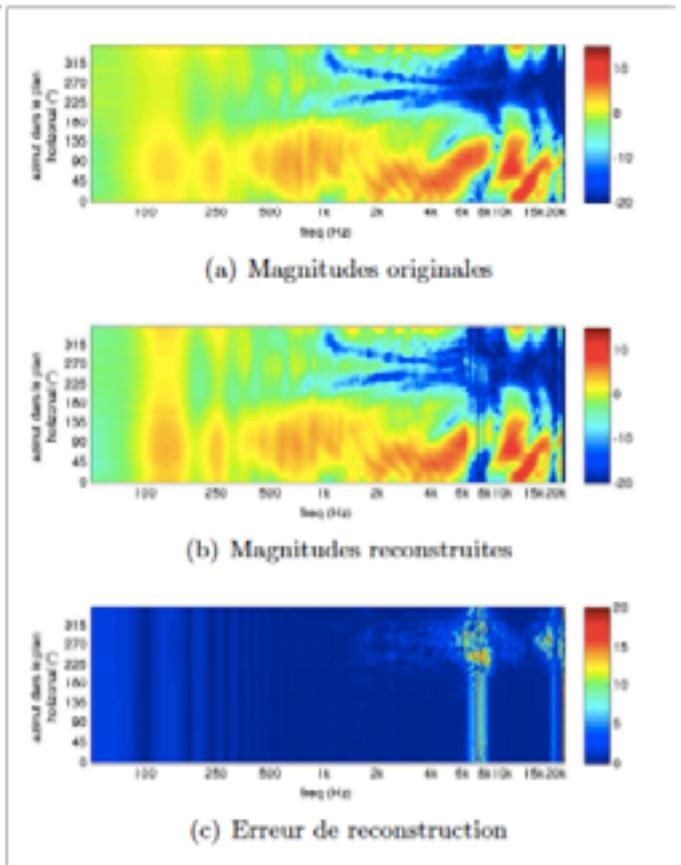
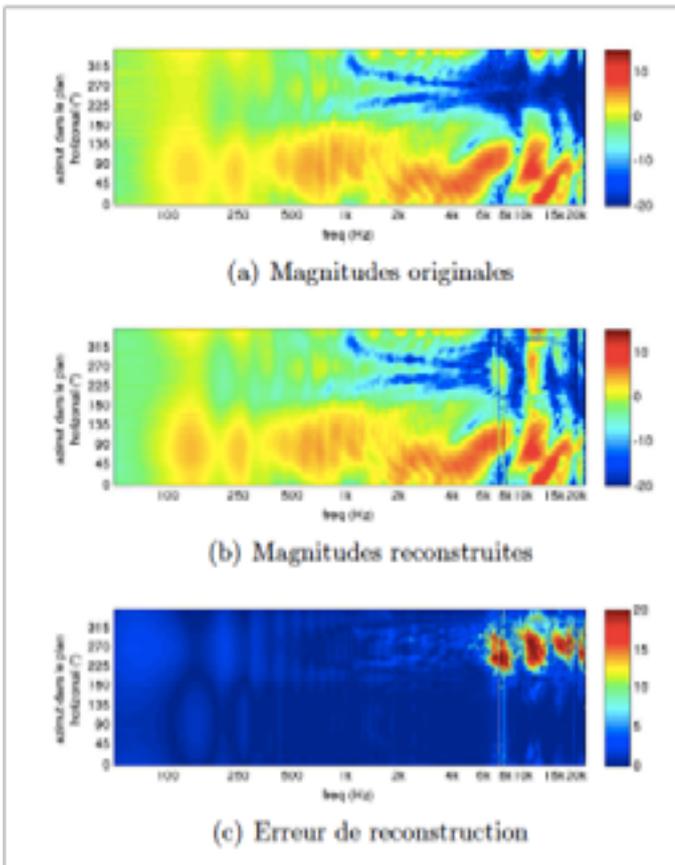
Deux nouveaux contextes d'utilisation ont récemment motivé la reprise de nos études sur ce mode de diffusion. Dans le premier, il s'agit de proposer l'intégration de modules de traitement transaural dans les environnements de post-production destinés au mixage en format 5.1 [Cornuau 11a]. Dans ce contexte, les exigences de qualité de restitution du timbre imposent de revisiter nos travaux de sorte à minimiser les risques de dégradation spectrale. Dans le second, l'enjeu est de recourir au mode de diffusion transaural pour les environnements de réalité virtuelle dans lesquels l'auditeur est appelé à se déplacer, ce qui nécessite d'adapter en temps réel les filtres du décodage transaural [Phan Quang 11a].

Dans les deux cas, l'analyse s'est concentrée sur les propriétés d'inversion de la matrice de transfert. Une attention particulière a été portée sur la dépendance du coefficient de conditionnement de la matrice en fonction de la fréquence et de la position des enceintes et de leur écartement respectif. Différentes options de régularisation des filtres directionnels intervenant dans le calcul du déterminant ont été étudiées et comparées objectivement. L'application d'un traitement de compression de la dynamique des filtres directionnels directs  $H_{LL}$  et  $H_{RR}$  offre le meilleur compromis entre la limitation des

artefacts spectraux et la préservation de l'information spatiale [notamment pour la reconstruction de l'ITD] [Cornuau 11a]. Cette approche s'est montrée supérieure aux techniques envisagées jusqu'à présent comme le lissage spectral ou spatial des filtres directionnels, leur régularisation par seuillage ou la limitation fréquentielle des filtres d'annulation des trajets croisés (band limited cross-talk) proposée par différents auteurs (Cooper & Bauck 89, Gardner 97).

Le recours à un système de diffusion transaurale pour la reproduction sonore spatialisée dans les environnements de réalité virtuelle présente l'avantage de limiter le nombre d'enceintes requises, ainsi que leurs contraintes d'emplacement souvent incompatibles avec la présence des écrans. La diffusion transaurale permet également d'alléger le harnachement de l'utilisateur qui peut vivre le port du casque stéréophonique comme une entrave à l'immersion.

Cependant, dans ce cadre de la RV, la technique transaurale nécessite d'asservir le traitement de spatialisation à la position et à l'orientation de l'auditeur, et ce à plusieurs titres. Comme pour le mode binaural, le traitement de spatialisation doit être naturellement asservi à la position supposée de l'utilisateur dans la scène virtuelle. Par ailleurs, le décodage transaural doit tenir compte de la position instantanée de l'utilisateur par rapport au système de reproduction puisque le traitement transaural n'est valable qu'en un point de l'espace et pour une orientation précise de la tête. L'objectif de l'étude était donc d'étendre la reproduction transaurale pour le contexte d'un auditeur naviguant sur une zone étendue. Le principe adopté s'appuie sur une étude récente de Lentz (2007) qui sélectionne à chaque instant la paire de haut-parleurs offrant le meilleur conditionnement de la matrice de filtres à inverser après compensation de la distance et de la directivité des haut-parleurs. L'étude réalisée a permis de déterminer l'influence relative de différents facteurs affectant la qualité de rendu spatial et spectral. Ont été notamment étudiées la résolution spatiale avec laquelle les filtres de décodage transaural sont calculés, l'intégration du prétraitement



tement de compression des filtres directionnels exposé dans le paragraphe précédent et l'utilisation d'un fondu enchaîné (cross-fade) entre les jeux de filtres successivement utilisés au cours des déplacements de l'utilisateur. Cependant, les discontinuités de réponses spectrales sont encore audibles et suggèrent de recourir à des procédures de fondu enchaîné dépendant simultanément de l'espace et de la fréquence. Ce travail, qui a fait l'objet d'une première implantation temps réel, sera poursuivi et exploité dans un cas concret en 2012.

*En haut : magnitudes des HRTFs originales (a) et reproduites (b) après traitement transaural en fonction de l'azimut de la source et pour un décodage transaural sur des haut-parleurs situés à +/-30°. Au milieu : erreur de reconstruction (c) du spectre de magnitude.*

*À gauche : traitement transaural en bande limitée (0-6kHz).*

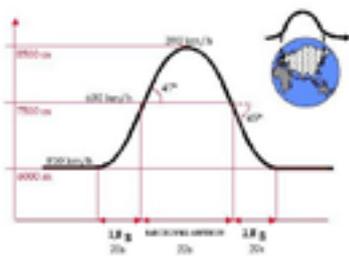
*À droite : traitement de compression des filtres directionnels  $H_{LL}$  et  $H_{RR}$ .*

## ■ Interaction Audition, corps, espace

### AudioSelf - CNES

Notre perception du monde environnant repose sur le sentiment que notre « self » est localisé là où est notre corps. La conscience de soi est elle-même liée à cette unité entre le self et la position du corps dans l'espace, et dépend de la sensation d'appartenance du corps. Nous étudions cette sensation en nous intéressant à la contribution des interactions auditives et vestibulaires pour la perception du corps propre. Pour aborder notre objet d'étude, nous mettons à profit les conditions de gravité modifiée proposées lors de vols paraboliques.

Le principe du vol parabolique est de faire décrire à un avion une trajectoire telle que la gravité disparaît, ou est fortement réduite, pendant environ 20 à 30 secondes. Initialement utilisés pour l'entraînement des astronautes, ces vols sont aujourd'hui principalement utilisés pour des essais technologiques d'équipements spatiaux, des expériences scientifiques et des essais sur la sécurité relative aux vols habités. Ces expérimentations ont lieu à bord de l'Airbus A300 Zéro-G, le plus gros avion de vols paraboliques du monde basé à l'aéroport international de Bordeaux-Mérignac. Cet avion est spécialement adapté pour la microgravité. On obtient un environnement à gravité réduite en effectuant avec l'A300 Zéro-G une série de manœuvres paraboliques (cf. figure suivante) qui produisent des périodes d'impesanteur (« 0G », en fait de l'ordre de quelques centièmes de G) durant environ 21 secondes. Chaque parabole commence et se termine par une ressource (hypergravité) à 1,8 G ; chaque ressource dure environ 20 secondes. Un vol typique dure de deux à trois heures et comprend 30 manœuvres paraboliques.



À gauche, manœuvre parabolique.

À droite : sujet portant visiocasque, casque audio et marqueur de position de la tête pendant une phase de microgravité. Celui-ci est maintenu par des sangles et est sécurisé par l'expérimentateur (sur la gauche).

Les vols paraboliques nous permettent d'étudier s'il est plus facile de se projeter dans un autre point de vue en microgravité. Un paradigme classique d'induction d'illusion de sortie du corps (Out of the Body Experience – OBE) par visualisation de son corps est utilisé, et la perception du sujet dans cette situation est comparée entre différentes conditions de gravité. Le sujet est équipé d'un visiocasque, lui-même relié à une caméra vidéo. La caméra est placée derrière le sujet. La sortie vidéo de la caméra est branchée sur le visiocasque, de sorte que le sujet se voit lui-même dans le visiocasque. Cette situation peut provoquer une expérience de sortie du corps, générant un point de vue virtuel sur son corps propre. Afin de vérifier si le cadre de référence dans lequel le sujet interprète les informations sensorielles est modifié et déplacé vers le corps visualisé, nous utilisons un protocole de localisation de sources sonores. Ces sources sonores sont spatialisées autour du corps du sujet, ou autour du corps du sujet tel qu'il le visualise dans le visiocasque, permettant une transition entre un point de référence déporté et un point de référence centré sur le corps propre. Ce dispositif nous permet de vérifier selon quel cadre de référence est faite l'interprétation de sources sonores.

Notre première participation en octobre 2011 à une campagne de vols paraboliques organisée par le CNES nous a permis de conduire des tests de faisabilité afin de préciser les conditions expérimentales de notre protocole de recherche.

### Projet Verve

Ce nouveau projet vise à l'amélioration de la qualité de vie de personnes à risque d'exclusion sociale due à la peur et l'apathie associées au vieillissement et aux troubles neurologiques. Le consortium travaille sur la spécification, le développement et le test d'environnements virtuels personnalisés et peuplés d'humanoïdes, qui pourront être utilisés sur différents types de plate-formes, allant de la salle immersive (CAVE) au téléphone intelligent.

Trois situations, chacune ciblant un groupe différent de symptômes, sont prises en considération pour le projet : la peur de tomber et la maladie de Parkinson, l'apathie et les troubles du comportement reliés au déclin cognitif (maladie d'Alzheimer), et d'autres troubles émotionnels liés à l'anxiété. Bien que focalisés sur ces domaines au départ du projet, les résultats de la recherche devraient être applicables à un éventail beaucoup plus large de situations.

Notre premier travail dans ce projet s'inscrit dans la continuation du projet Crossmod, et nous nous intéressons à la phobie des chiens. Le caractère visuel et auditif de l'objet phobogène fait de cette pathologie une cible de choix pour tester les hypothèses sur les liens entre l'intégration visuo-auditive et l'émotion. Pour étudier ces liens, le son 3D est utilisé dans les situations immersives. Un protocole a été développé pour tester dans la salle immersive de l'Inria (cube iSpace) l'impact de différentes combinaisons visuo-auditives sur une population de sujets sains sensibles à la phobie des chiens. La compréhension de l'impact affectif du rendu visuel

et auditif d'un environnement virtuel, au niveau de la perception émotionnelle et au niveau du ressenti affectif, permettra la mise en place de nouvelles stratégies thérapeutiques pour les troubles liés à l'anxiété.



*Le cube iSpace de l'Inria à Sophia Antipolis, dans lequel les sujets visualisent des chiens virtuels alors qu'ils entendent des aboiements spatialisés et alignés ou non avec le stimulus visuel.*

### ■ Installation WFS/HOA à l'Espace de projection

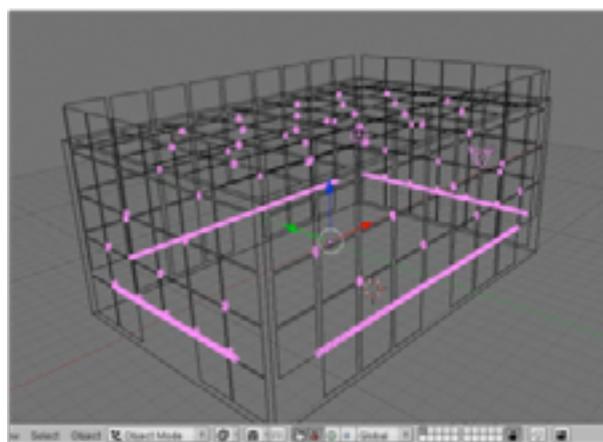
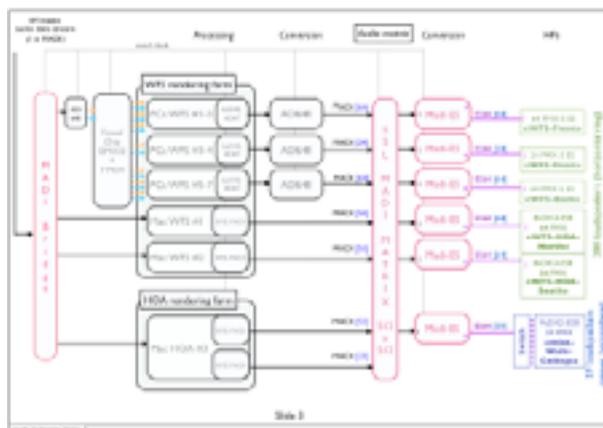
#### Architecture globale

L'année 2011 a vu l'achèvement de l'installation du système de reproduction par Wave Field Synthesis dans l'Espace de projection. Par rapport au système initialement projeté, l'évolution principale est l'adjonction d'un hémisphère de haut-parleurs permettant une reproduction sonore tridimensionnelle et s'appuyant sur un principe de rendu Ambisonique aux ordres supérieurs (Higher-Order Ambisonic, HOA). Au final, le système est composé de 339 haut-parleurs, se répartissant en 264 pour la couronne horizontale dédiée à la WFS et 75 pour l'hémisphère dédié à la reproduction HOA.

Pour des contraintes pratiques, l'espacement entre les haut-parleurs composant les réseaux latéraux de la WFS a dû être élargi (30 cm d'espacement) comparativement aux réseaux de haut-parleurs utilisés à l'avant et à l'arrière (16 cm d'espacement). De même, les haut-parleurs destinés à la reproduction HOA ne sont pas véritablement installés sur un dôme hémisphérique mais sont rapportés aux parois (murs et plafonds), les différences de distance étant compensées dans l'étage de traitement (gains, retard). Enfin, les contraintes architecturales de l'Espace de projection n'autorisaient pas une distribution angulaire régulière des haut-parleurs de sorte à ne pas entraver la rotation des périactes. Leur distribution spatiale résulte donc d'un compromis. Le décodeur HOA associé à cette répartition constitue une mise en pratique de l'étude sur les décodeurs optimaux dans le cas d'une distribution spatiale non régulière, exploitant en particulier le critère de préservation de l'énergie (Zotter 12b).

Sur un plan pratique, le traitement du signal est réparti sur un ensemble de machines, actuellement hétérogène compte tenu de la période assez longue pendant laquelle s'est déroulée l'installation complète. Ce parc de machines sera homogénéisé à l'occasion de leur remplacement progressif. L'ensemble des signaux issus de cet étage de traitement et alimentant les haut-parleurs est transmis sur réseau Ethersound. Une partie des haut-parleurs comprend son propre étage de conversion Ethersound-analogique ainsi que son amplification. L'autre partie est alimentée par des convertisseurs et amplificateurs installés dans le plénum (espace entre les périactes et la structure primaire de l'Espace de projection).

Cette installation, qui sera opérationnelle au cours du premier trimestre 2012, fera l'objet d'expérimentations scientifiques et musicales avec notamment l'accueil de deux compositeurs en recherche dès le premier semestre 2012.



*En haut : schéma de principe de l'installation WFS-HOA de l'Espace de projection, montrant les étages de conversion, les unités de traitement numérique et la répartition des signaux audio vers les différentes sections de haut-parleurs. En bas : représentation en perspective de l'implantation des transducteurs composant la couronne horizontale dédiée à la WFS et l'hémisphère supérieur pour la reproduction HOA.*

#### Développement WFS sur Mac

Dans le cadre d'une collaboration avec la société Sonic Emotion, il a été développé une interface de contrôle de leur système de reproduction par WFS. L'interface consiste en une suite d'objets et de patches intégrés dans l'environnement Max/MSP. Ces objets permettent le contrôle du système de rendu par des messages de haut niveau (positions des sources, orientation et directivité, etc.) transmis sur un protocole UDP. Ils assurent également le monitoring du système (vumètres, statut des renderers, etc.).

Ces objets permettent un contrôle intuitif de la directivité des sources (mapping entre les paramètres d'ouverture et orientation et les coefficients de la décomposition en harmoniques cylindriques) ainsi que la visualisation temps réel du diagramme de directivité.

En outre, un nouveau système de rendu a été développé, sous la forme d'objets Max/MSP sur plate-forme MacOS. Les paramètres de filtrage sont précalculés offline à l'aide d'une bibliothèque C++, puis exportés sous forme de fichiers SDIF. Ces fichiers de filtres sont ensuite chargés dans les objets Max/MSP qui assurent le traitement des signaux en temps réel. Les objets adoptent une syntaxe de messages entièrement compatible avec le Spatialisateur afin de faciliter leur intégration dans des patches existants.

La chaîne de traitement du signal est décomposée en trois étages : un étage assure la formation du front d'onde par des délais/gains. Un étage (optionnel) permet la synthèse de figures de directivité – indépendantes de la fréquence pour le moment. Un dernier étage garantit l'égalisation des transducteurs.

Les algorithmes de traitement sont vectorisés et parallélisés afin de tirer profit des architectures hardware actuelles (multicœurs).

## ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	2	Revue à comité de lecture	4	Nationaux et régionaux	3	LMA-CNRS	A. Cera
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	1	Conférences avec comité de sélection	3	Internationaux	0	LVA-INSA ZHdK	S. Gaxie
Doctorants	1	Ouvrages et chapitres	2	Contrats industriels	3	CIRMMT	
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	2			IUAV IFSTTAR	

Responsable : Patrick Susini

La thématique principale de recherche menée par l'équipe Perception et design sonores concerne l'étude de la perception du son des objets du quotidien. Plus généralement, on parle de sons environnementaux définis comme les sons autres que la parole et la musique selon la définition proposée par Gygi et al. (2007). Ces travaux permettent d'élaborer des connaissances sur la perception de cette classe de sons, en combinant différentes approches expérimentales dans un cadre théorique majoritairement issu du traitement de l'information (cf. Perception des sons environnementaux). Ces connaissances sont appliquées au design sonore d'objets du quotidien, étendus aux interfaces homme-machine, avec l'ambition de s'intéresser plus particulièrement à la fonction du son dans un contexte interactif (cf. Design sonore et interaction). Au cours de l'année 2011, l'équipe a été impliquée dans plusieurs projets industriels : design sonore de sonneries pour une société en horlogerie, design sonore d'interface de navigation (Findability) et de véhicule électrique (VE) pour la société Renault, caractérisation de la sonorité de moteurs Diesel avec la thèse d'Aurélien Frère toujours pour Renault, caractérisation perceptive et design de bandes d'alerte audio tactiles dans le projet ANR RoadSense piloté par la société Aximum. Ces projets, avec une implication sociétale immédiate, permettent de confronter les approches de l'équipe à des contextes concrets. Outre ces projets, l'équipe poursuit des travaux plus fondamentaux qui ont été récemment renforcés grâce à l'obtention de financements de l'ANR, notamment sur la sonie des sons environnementaux (projet LoudNat), l'analyse de scènes sonores (projet Houle) et la relation geste/son pour le contrôle d'artefacts interactifs (projet Legos). De plus, l'équipe s'est impliquée fortement dans la mise en place du Master Design Sonore qui a démarré à la rentrée 2011 à l'École Supérieure des Beaux-Arts du Mans (ESBAM) en collaboration avec le LAUM et l'ENSCI. Par ailleurs, la soutenance d'une HDR par le responsable de l'équipe PDS a permis de faire une synthèse concernant l'articulation entre les recherches en perception sur les sons environnementaux et les applications en design sonore menées par l'équipe depuis plusieurs années [Susini11c], et devrait permettre de favoriser l'augmentation

du nombre de doctorants de l'équipe. Pour finir, la participation de l'équipe à plusieurs ouvrages publiés [Misdariis11a] [Susini11a] et en cours de publication devrait aussi favoriser une meilleure visibilité internationale des spécificités de l'équipe dans le domaine du design sonore.

### ■ Perception des sons environnementaux

Les travaux précédents de l'équipe PDS ont montré que l'on peut considérer différents niveaux de perception des sons environnementaux en fonction de la stratégie d'écoute et de la capacité de l'auditeur à identifier la source sonore, mais aussi du contexte [Lemaitre09e]. Le premier niveau est fondé sur une description des dimensions élémentaires du signal qui sous-tendent la perception d'un ensemble de sons ; l'équipe traite plus particulièrement la sonie et le timbre. L'autre niveau correspond à une description/identification des caractéristiques de la source.

#### Sonie des sons environnementaux

La description morphologique d'un son environnemental est fortement liée aux variations, au cours du temps, de l'intensité perçue (sonie ou « loudness » en anglais). Ces variations donnent lieu à deux types de perception : instantanée et globale. Les efforts de l'équipe se sont concentrés sur la perception de deux classes de profils : crescendo et decrescendo. Ces travaux s'inscrivent dans le nouveau champ de recherche consacré à la sonie des sons non stationnaires. Une question soulevée concerne l'asymétrie en termes de sonie et de durée perçue : un crescendo est perçu plus fort et plus long qu'un decrescendo. Récemment, la question soulevée dans le cadre du stage Atiam de Michaël Vannier en collaboration avec le LMA-CNRS (S. Meunier et J. Chatron) a consisté précisément à mesurer l'asymétrie en durée en fonction de la durée des signaux, et à évaluer son influence sur l'asymétrie en sonie [Vannier11a]. Les résultats révèlent que l'asymétrie en durée disparaît pour des durées au-delà de 500 ms, et que par conséquent l'asymétrie avérée en sonie pour des durées au-delà de 2 secondes est fondée sur un autre mécanisme perceptif. Ces travaux seront présentés à Acoustics 2012, et seront poursuivis dans le cadre du projet ANR Blanc LoudNat en collaboration avec le LMA-CNRS et le LVA-INSA.

#### Description des sons environnementaux : timbre et applications

Les travaux menés depuis plusieurs années par l'équipe sur la caractérisation objective des dimensions du timbre de différents ensembles de sons ont permis de proposer récemment deux synthèses importantes : l'une concerne les sons environnementaux [Misdariis10b], l'autre les sons instrumentaux [Peeters11d]. Ces travaux ont été poursuivis dans le cadre de deux projets :

- le premier a été mené avec un industriel dans le domaine de l'horlogerie. Un des objectifs consistait à caractériser le timbre de sonneries produites par des barres métalliques, de petites tailles, excitées par un impact. Les résultats ont révélé que les sonneries peuvent être décrites par deux dimensions correspondant respectivement à la surface modale et à la répartition fréquentielle de l'énergie. Cette étude a permis d'élaborer un cahier des charges pour la création de sonneries (cf. Design sonore pour l'horlogerie) ;
- le deuxième projet s'inscrit dans le cadre de la thèse d'Aurélié Frère, soutenue le 27 septembre 2011, en partenariat avec Renault [Frere11a]. Pour rappel, la question principale initialement posée traite de l'influence de la vibration sur la perception des bruits de moteur Diesel. Deux situations pertinentes de conduite ont été retenues pour l'étude du timbre : les ralentis et les accélérations. Pour les ralentis, la fréquence de modulation est le paramètre émergent en termes de timbre et de préférence. Pour les accélérations, les sonorités de Diesel sont discriminées par des différences de sonie statistiques (N5, N10 et STLmax), et par une combinaison linéaire de plusieurs descripteurs. En ce qui concerne la composante vibratoire, les résultats montrent qu'elle n'a pas d'influence significative sur l'espace des timbres obtenu pour les ralentis et pour les accélérations. Ces résultats sont favorables à une approche fondée uniquement sur le timbre des bruits de Diesel pour définir une nouvelle identité sonore des moteurs Diesel.

#### Identification des sons environnementaux

La question de l'identification sonore est essentielle en perception ; cependant, les mécanismes mis en jeu sont encore mal connus. Plusieurs approches autour de cette question ont été menées :

- une approche cognitive visant à révéler les grandes catégories perceptives en termes d'objet et d'actions telles qu'elles sont structurées en mémoire. Les résultats confirment le niveau général d'organisation hiérarchique proposée par Gaver (1993) en termes d'objet. Un niveau plus spécifique, correspondant aux sous-classes, concerne le type d'action mis en jeu pour chacune des grandes classes d'objets [Houix12a].
- une approche, type signal, fondée sur la production et l'analyse d'imitations vocales. Les résultats obtenus confirment l'hypothèse avancée : l'information sonore

suffisante et nécessaire pour élaborer une représentation perceptive d'un événement sonore est accessible à partir de son imitation vocale [Lemaitre11a]. Ces résultats ouvrent d'importantes perspectives pour comprendre les processus d'identification de sources sonores et pour le développement d'outils en design sonore. Une collaboration sera poursuivie en 2012 avec l'Université de Venise IUAV (G. Lemaitre et D. Rocchesso) avec l'objectif de répondre à un appel à projets, ANR ou FET.

- une approche fondée sur la modélisation de séquences pour l'analyse de scènes sonores environnementales. Dans le cadre du stage Atiam de Benjamin Cauchi [Cauchi11a] co-encadré par M. Lagrange (Équipe A/S – projet ANR Houle), il a été question d'adapter un algorithme de factorisation matricielle non-négatif (NMF) pour l'analyse automatique de scènes sonores. Les résultats de cette analyse ont permis d'identifier les événements sonores pertinents des scènes analysées ; cependant, la comparaison avec des données perceptives existantes [Tardieu08a] montre qu'il est nécessaire d'optimiser l'algorithme. Ce projet sera poursuivi en 2012.

#### ■ Design sonore et interaction

Les études sur la perception des sons environnementaux menées par l'équipe PDS constituent l'apport essentiel pour l'élaboration d'un cahier des charges afin d'orienter la création sonore d'un objet industriel. Cette démarche s'inscrit dans un processus global de design sonore en trois phases : analyse, création et validation [Susini11c]. C'est ce processus qui a été appliqué dans le cadre du projet industriel en horlogerie, mené de 2010 à 2011, concernant la création de sonneries mécaniques. Par ailleurs, les projets en design sonore, Findability et VE, effectués en collaboration avec le constructeur Renault ont été poursuivis en abordant de nouvelles questions en termes de procédures d'évaluation et d'émergence dans un contexte donné. D'autre part, la question des alarmes sonores, qui avait été au cœur de la thèse de Clara Suied [Suied07a], a été de nouveau abordée dans le cadre du projet ANR RoadSense. Pour finir, la question de la relation geste/son abordée dans le cadre de la collaboration avec l'équipe IMTR [Caramiaux11a] pour des sons environnementaux est poursuivie dans le cadre de dispositifs interactifs dans le projet ANR Legos.

#### Design sonore pour l'horlogerie

Dans une première phase – phase d'analyse – les dimensions du timbre de sonneries mécaniques en horlogerie ont été caractérisées par des descripteurs sonores dont les valeurs ont été précisées en termes de préférences pour deux classes d'auditeurs. Une étude de l'identité sonore de la marque a permis de compléter cette première phase en élaborant des profils sensoriels (sémantiques) reflétant les propriétés sonores des sonneries qui soulignent l'identité de la marque (Figure 1). Ce dernier point a été réalisé en étroite

collaboration avec les services R & D et Marketing de l'entreprise. L'ensemble des données a permis d'élaborer un cahier des charges perceptif pour la phase de création. En pratique, la deuxième phase – phase de création – a été effectuée en deux étapes : tout d'abord, un appel à contribution a été mené auprès de plusieurs compositeurs (A. Cera, S. Gaxie, R. Rivas) afin de réaliser un avant-projet, puis l'un des compositeurs, Sébastien Gaxie, a effectué la création définitive des sonneries en collaboration avec l'équipe PDS. La première étape a permis d'échanger sur les méthodes de travail propres à l'équipe PDS et aux trois compositeurs afin de pouvoir proposer des approches et des esthétiques variées pour de futurs projets en design sonore. La deuxième étape a été abordée par le compositeur Sébastien Gaxie à partir du cahier des charges issu de la phase d'analyse et des intentions/préconisations formulées par l'entreprise. Le travail a donné lieu au déploiement de plusieurs approches, notamment en termes de synthèse sonore (additive, modélisation physique via le logiciel Modalys) (Figure 2).

Lors de la troisième phase du projet – phase de validation – une sélection du corpus produit a été classée en fonction des critères soulignant l'identité de la marque par des auditeurs externes et internes à l'entreprise. À l'issue du projet, une réalisation physique de la sonnerie a été effectuée par l'entreprise. Le rendu final a été effectué le 29 novembre 2011.



**Figure 1 - Profil sensoriel reflétant les huit propriétés d'un son (gauche) associé à l'identité de la marque (droite) selon quatre dimensions. Chacun des segments correspond à l'intensité d'un attribut sémantique pour une propriété du son et pour une dimension soulignant l'identité de la marque. L'exemple représenté par la figure correspond à un son qui souligne de manière homogène les quatre dimensions de la marque.**



**Figure 2 - Représentation visuelle d'une barre circulaire obtenue par modélisation physique pour la phase de création sonore.**

#### Design sonore pour l'automobile

- **Projet Findability** – Une étude complémentaire du projet [Misdariis11a] a été initiée en collaboration avec Renault et le Plateau d'Études techniques et de recherche en audition (PETRA) de l'université de Toulouse-Le Mirail. L'objectif est de valider par mesures oculométriques l'hypothèse selon laquelle la sonification de l'interface de navigation permet de limiter les détournements du regard en situation de conduite. Le projet, qui sera poursuivi en 2012, prévoit une expérience en laboratoire à double tâche : une tâche visuelle principale (T1) de détection de cible sur un écran d'ordinateur, et une tâche audiovisuelle secondaire de navigation dans le menu du centre multimédia affiché sur le même écran (T2).
- **Projet VE** – Le projet de « design sonore du Véhicule Électrique » initié fin 2009, a été poursuivi et finalisé au cours de l'année 2011. Les propositions ébauchées fin 2010 ont été largement retravaillées en fonction de nouvelles données relatives au cahier des charges initial ; une solution sonore prototype a finalement été retenue par le Comité de décision sous la forme de trois variations d'une même base. Puis, le portage vers la technologie embarquée s'est opéré, et plusieurs séances de mise au point sur véhicule, en statique et en dynamique, ont eu lieu afin d'effectuer des réglages en termes de niveau et de courbe d'évolution des paramètres du moteur de synthèse (lois de mixages).

#### Étude des alarmes sonores

La question des alarmes sonores a été de nouveau abordée dans le cadre du projet ANR RoadSense. L'objectif final du projet est de prévenir les sorties involontaires de voies de circulation en optimisant les alertes sonores et vibratoires produites par les bandes de marquage audio tactiles. L'objectif de la première phase du projet menée par l'équipe PDS a consisté à étudier l'intensité de l'effet de la composante vibratoire par rapport à la composante sonore sur la réaction d'un conducteur. Dans un paradigme expérimental de mesure du temps de réaction simple [Suied08a], deux situations ont été comparées (Figure 3) : unimodale (stimulus sonore uniquement) et bimodale (stimulus sonore et vibratoire). Les signaux sonore et vibratoire utilisés correspondent à un motif enregistré sur piste – passage d'un véhicule sur une bande rugueuse – répété en faisant varier l'intervalle de temps entre deux motifs (IOI). Les résultats des expériences confirment ceux de la littérature : plus l'IOI est petit, plus les temps de réaction sont courts. Par ailleurs, il n'y a pas d'effet de la composante vibratoire sur les temps de réaction. Ce résultat permet de s'affranchir de cette composante pour affiner le design de la composante sonore. Ce travail a été effectué en partie pendant le stage UTC de Sandrine Bonnot [Bonnot11a] en collaboration étroite avec l'UTAC (L.-F. Pardo) et l'IFSTTAR (B. Vericel, F. Vienne). Ces résultats seront présentés à Acoustics 2012.



*Figure 3 - Dispositif expérimental pour l'étude d'alarmes audio tactiles dans le cadre du projet ANR Roadsense.*

### ■ Autres activités

D'autres activités ont mobilisé des efforts importants en dehors des travaux mentionnés ci-dessus : la rédaction et la soutenance d'une HDR (Patrick Susini), la mise en place du Master Design Sonore de l'ESBAM, la participation à la diffusion des connaissances auprès du grand public et le montage de nouveaux projets. Par ailleurs l'équipe accueille Mondher Ayari de l'université de Strasbourg dans le cadre du projet ANR CréMusCult en collaboration avec l'équipe Représentations musicales.

### Pédagogie

- Stages Ircam/Design Sonore – En collaboration avec le département Pédagogie, l'équipe PDS a de nouveau assuré une formation de 4 jours sur le design sonore industriel.
- Master en Design Sonore – L'équipe PDS a participé au démarrage du Master Design Sonore à l'ESBAM en assurant des interventions en L3, des cours théoriques en M1, le suivi d'un workshop applicatif sur deux semaines en collaboration avec l'ENSCI (R. Cahen), et en prenant part aux réunions pédagogiques et aux jurys de sélection.
- Cours pour le Master ACAR, UPMC, Paris : Physiologie, psychoacoustique et qualité sonore.

### Diffusion des connaissances et activités scientifiques

- Diffusion
  - Semaine du Son 2011, Palais de Tokyo, Paris
  - Interview radio, « Le labo des savoirs », RadioPrun, 8 mars 2011
  - Interview radio, « À la recherche du son », La nuit des sons, France Culture, 3 février 2011
  - Interview radio, « Vendredi hors-série #32 – Ircam », France Culture, 24 juin 2011
  - Interview TV, « MACIF – Émission de solution », France2, juin 2011
- Participation aux jurys de thèse de J.F. Sciabica (19/09), H. Makhlouf (09/12), P.Y. Michaud (reporté)

### Montage de projets en design sonore

Plusieurs projets ont été montés ; certains en cours (appel FUI : Audeve/Audio Détectabilité du Véhicule Électrique – appel ANR : OptiRepSim/Optimisation de la Représentation des Simulations – Hermès), d'autres non finalisés (CGP – Tinteo – Chanel).

### Projet ANR CréMusCult

Le projet ANR CréMusCult coordonné par M. Ayari s'articule sur trois approches complémentaires : analyse, perception et modélisation, autour d'une problématique commune centrée sur les stratégies performatives et cognitives de l'improvisation. Dans ce cadre, des études expérimentales sur l'écoute, comme phénomène culturel seront menés en collaboration avec l'équipe PDS.

## ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	12	Nationaux et régionaux	10	ParisTech, École des Mines de Paris, UPF-Barcelone, Univ. d'Alberta (CANADA), Exalead, ExeQuo, Cyanide, Orosys, France Télécom R & D/Orange, Yacast, LIMSI, Inria/Metiss, LMA Marseille, SCREAM National Cheng Kung Univ. (TAIWAN), Acoustic Research Institute (AUTRICHE), NuHag (Univ. Of Vienna, AUTRICHE), Univ. Technique de Berlin (ALLEMAGNE), Univ. de Thessalonike (GRÈCE), Fraunhofer HHI (ALLEMAGNE), Univ. Huddersfield (GB), AudioGaming, Xtranormal (Canada), Sony (JAPON), Voxler, Flying Eye (ALLEMAGNE), Velti (GRÈCE), Sky-Deutschland (ALLEMAGNE).	G. Aperghis, M. Cacciatore, H. Song
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	13	Conférences avec comité de sélection	39	Internationaux	2		
Doctorants	9	Ouvrages et chapitres	2	Contrats industriels	2		
Stagiaires	5	Thèses de doctorat et HDR	2				

Responsable : Axel Röbel

L'équipe Analyse et synthèse des sons étudie le signal audio-numérique, soit pour en extraire toute sorte de caractéristiques, soit pour le synthétiser selon les propriétés sonores et musicales souhaitées, soit pour le transformer en fonction de besoins compositionnels, sans oublier les applications dans d'autres domaines comme le cinéma, le multimédia, ou d'autres secteurs de l'industrie. Dans la description suivante, ces recherches et développements sont classés suivant quatre axes principaux :

- analyse, représentation, transformation, et synthèse des signaux sonores utilisant des théories et techniques de traitement du signal et de statistique ;
- analyse, synthèse et transformation de la voix ;
- description des contenus musicaux, utilisant différents niveaux de description, à partir du signal audio ;
- modélisation physique des instruments pour l'analyse et la synthèse sonore, notamment en utilisant le lien entre la physique et le traitement du signal.

Les principaux aboutissements de l'année sont :

- la distribution de la version 3 du logiciel AudioSculpt ;
- l'établissement d'un algorithme permettant l'adaptation automatique et dynamique de la résolution temps fréquence de la Transformée de Fourier à court terme ;
- la modélisation de la prosodie et du style de parole d'un locuteur ;
- l'établissement d'une nouvelle approche pour la classification et la similarité d'enregistrements de musique, utilisant d'une part un nouveau modèle UBM/Super-Vector et d'autre part un modèle AR vectoriel.

En analysant les résultats des travaux entrepris en 2011, on peut remarquer certaines évolutions qui semblent particulièrement intéressantes et prometteuses. En tenant compte de ces évolutions, nous identifions les sujets suivants, qui feront partie de nos intérêts principaux pour les années à venir :

- les avancées concernant la transcription et la séparation de la musique polyphonique ;
- la modélisation des sons de type bruit et texture ;
- l'adaptation automatique au contenu des algorithmes d'analyse et de transformation ;
- l'intégration d'une description de la source glottique dans les traitements de la parole ;
- l'étude des caractéristiques vocales d'un grand nombre de locuteurs et dans plusieurs langues ;
- l'implémentation modulaire de la bibliothèque SuperVP dans Max/MSP ;

- l'intégration de la connaissance musicale dans les algorithmes de description de la musique ;
- la simulation temps réel de systèmes physiques audio à passivité garantie (instruments à vent, circuits électroniques, etc.) ainsi que leur analyse automatique, leur optimisation sur des critères de qualité (par exemple, harmonicité, homogénéité de timbre pour les vents) et la reproduction d'originaux à partir de mesures effectuées sur ces systèmes.

### ■ Représentation, analyse, transformation et synthèse de signaux audio

Les directions de recherche de l'équipe sur l'analyse, la transformation et la synthèse fondées sur des modèles ont été orientées par les problèmes liés à l'analyse des signaux polyphoniques et à la transformation des signaux.

#### Représentation de signaux avec résolution de temps fréquence adaptive

*Thèse de M. Liuni (en cotutelle avec l'université de Florence)*

Le travail de cette thèse se concentre sur l'analyse et la synthèse adaptative du son. Les travaux menés en 2011 ont permis la finalisation des principaux résultats, qui ont aussi fait l'objet d'une collaboration internationale avec les laboratoires NuHAG et ARI de Vienne (Autriche) :

- la possibilité de réaliser une représentation du signal qui varie localement en temps et en fréquence ;
- une méthode de reconstruction parfaite du signal par les coefficients d'une analyse avec une taille de fenêtre et de FFT qui s'adaptent automatiquement au cours du temps ;
- deux méthodes de reconstruction qui permettent une approximation du signal par les coefficients d'une analyse, avec une taille de fenêtre et de FFT qui s'adapte automatiquement au cours du temps et en différentes bandes de fréquence.

Parallèlement, l'étude de mesures de parcimonie d'un spectrogramme a trouvé une ultérieure application dans la détection aveugle de changements spectraux ; une méthode a été implémentée, avec des résultats prometteurs sur la segmentation automatique d'une voix parlée en temps réel. Une extension de cette méthode est prévue dans le programme d'un stage en cours, qui porte sur la détection automatique de syllabes dans la voix parlée.

#### Détection des transitions et début des notes

La détection des débuts des notes et des événements transitoires est une tâche récurrente qui sert dans beaucoup de contextes musicaux. Par exemple, nous notons le remixage des débuts des notes dans AudioSculpt mais également l'extraction des parties percussives de la musique polyphonique. L'algorithme qui a été développé dans l'équipe est basé sur une analyse temps fréquence de type TFCT. Il utilise un modèle statistique cherchant une forte localisation de l'énergie dans une trame d'analyse pour déterminer les

régions qui représentent des événements de transition. Une faiblesse de l'algorithme actuel est liée à la détection des débuts des notes harmoniques avec une attaque lente. En 2011, nous avons donc travaillé sur une extension visant à améliorer la détection de ces événements : la stratégie est d'appliquer un traitement spécial pour les « onsets » dont l'énergie est faiblement concentrée mais qui sont temporellement synchrones et harmoniquement liés aux zones temps fréquence touchées. L'algorithme a été évalué à MIREX 2011 et a donné des résultats très satisfaisants : ces performances ont permis une amélioration de 0.5 % en F-mesure, toutes tâches confondues, de l'algorithme original.

#### Séparation de la partie percussive d'un signal de musique

Pour de nombreuses applications, il est utile de disposer indépendamment de la partie percussive (issue d'instruments de musique comme les éléments d'une batterie) de la partie harmonique. Des exemples d'applications possibles sont le remixage ou la transcription. Pour toutes ces applications, il est préférable que la séparation soit efficace, ce que ne proposent pas les algorithmes de l'état de l'art.

En 2010, dans le cadre du stage master Atiam de François Rigaud, nous avons alors développé un algorithme de séparation efficace basée sur un modèle temporel des signaux de batteries. Ce premier algorithme a donné des résultats très satisfaisants. On note toutefois une insuffisance de sélectivité lorsque les événements sont très courts, qu'ils proviennent d'instruments percussifs ou non, ils sont le plus souvent affectés à la partie percussive.

Pour résoudre ce problème, Tien Ming Wang a proposé une approche complémentaire considérant cette fois-ci les propriétés spectrales du son. Grâce à cette approche, les composantes spectrales en relation harmonique sont détectées et affectées à la partie non percussive. Avec cette approche combinée à la première, on note une amélioration considérable de la sélectivité notamment pour les événements courts.

Ce nouvel algorithme est en cours d'évaluation, mais nous savons d'ores et déjà qu'il se compare favorablement à l'état de l'art et pour un coût de calcul très réduit, ouvrant son utilisation en prétraitement pour l'extraction d'informations musicales sur de grandes bases de données.

#### Estimation des fréquences fondamentales

L'algorithme multi-F0 vise à une transcription automatique du contenu harmonique d'un signal de musique polyphonique. Les travaux sur ce problème ont été menés de façon continue depuis l'année 2008. En 2011, nous avons amélioré notre base d'évaluation en améliorant la qualité de la musique synthétisée à partir de partitions MIDI. Du point de vue algorithmique, nous avons amélioré la performance pour les signaux multicanaux en établissant la stratégie suivante :

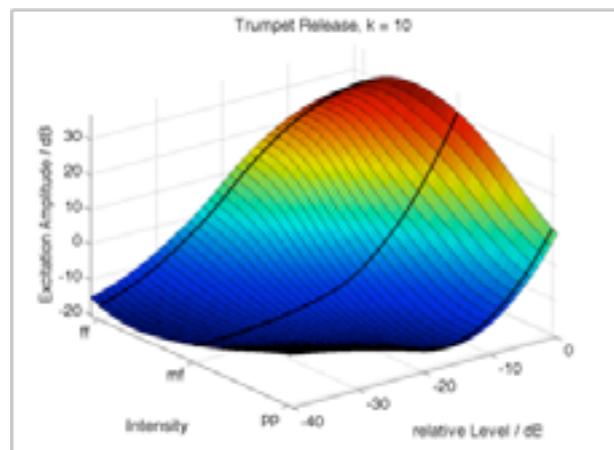
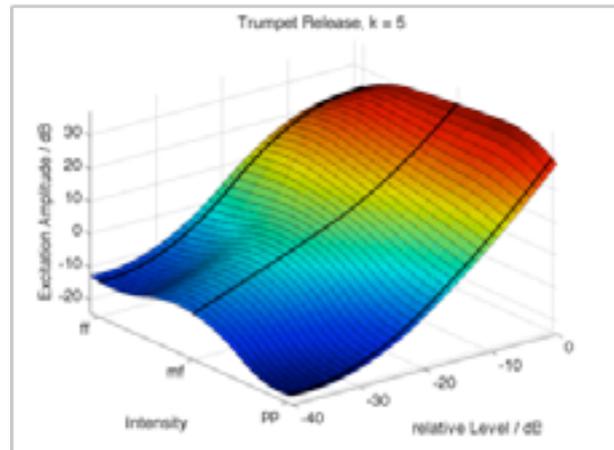
les canaux sont tout d'abord analysés séparément et les analyses résultantes sont combinées par la suite pour obtenir le résultat final. En comparant les résultats obtenus sur une base de fichier stéréo par l'algorithme initial (travaillant sur un seul canal après un down-mix du fichier stéréo) et la nouvelle version, nous observons une amélioration de 1-2 % de la performance. Par la suite, nous avons étendu l'algorithme de sorte à permettre une intégration simple de notre algorithme de détection de la mélodie principale. Nous avons aussi commencé à travailler sur la transcription de la ligne de basse du morceau.

#### Synthèse sonore et transformation à partir d'un modèle source-filtre étendu des instruments de musique

*Thèse de H. Hahn, Projet Sample Orchestrator 2*

Ce projet vise à établir un modèle structuré de sons qui peut remplacer les échantillons dans un logiciel de synthèse à partir d'échantillons. Le modèle final doit permettre une synthèse expressive. À cette fin, un modèle étendu du type source filtre est utilisé et sera paramétré par «pitch», intensité globale (forte, piano) et intensité locale, afin que le modèle réponde de façon réaliste aux changements de ces paramètres par une variation du timbre. Ces changements peuvent apparaître globalement (ex : changement d'intensité de forte à mezzo-forte) et/ou localement (modulation de fréquence et d'amplitude).

Les contributions majeures en 2011 concernent l'entraînement du modèle pour la représentation des notes de musique en fonction de leur attributs (hauteur et intensité) à partir d'une banque d'échantillons instrumentaux (base de données d'Univers Sons). L'analyse est faite à partir d'une décomposition harmonique/bruit avec une attention particulière portée sur la modélisation des transitoires, le masquage des effets de filtre en peigne dans le bruit résiduel, ainsi que l'estimation et la représentation de l'inharmonicité. Le modèle des instruments de musique est effectué séparément pour les composantes harmoniques et pour le bruit. Il utilise une interpolation par B-splines pour générer les changements de filtre au cours du temps, reflets du timbre des instruments, et prenant en compte l'intensité, l'enveloppe d'amplitude, la hauteur, et les fréquences harmoniques comme paramètres. Pour adapter le modèle, nous avons évalué et employé des solutions explicites et des méthodes de gradient conjugué. Enfin, des algorithmes de resynthèse ont été développés pour la transformation des sons individuels et pour l'interpolation entre deux sons avec des options arbitraires de mixage. Une évaluation des configurations possibles avec les techniques d'état de l'art est actuellement en cours.



**Excitation des partiels d'une trompette en fonction de l'intensité globale et locale de la note**

#### Modélisation et transformation de textures sonores et sons environnementaux

Ce projet couvre une large classe de sons peu supportés par les différents modèles de sons : les sons environnementaux et les textures sonores. Ces types de sons, comme le son du vent, le roulement des vagues ou la marche des trains, sont omniprésents dans notre vie quotidienne. Dotés généralement de peu de composantes sinusoïdales et le bruit étant dominant, il faut donc les décrire au moyen de méthodes statistiques.

Le but de cette recherche est d'obtenir une représentation, un modèle paramétrique du signal, qui permette l'analyse et la resynthèse transformée des sons environnementaux, et rende possible des transformations telles que le «stretching», la modification des caractéristiques perçues de la texture sonore, ainsi que le morphing, l'interpolation entre différentes textures sonores.

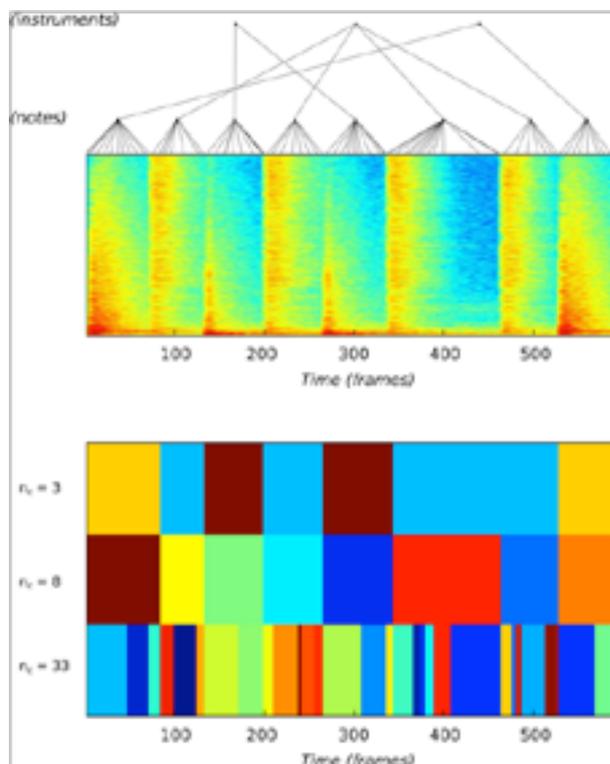
L'idée est de préserver les caractéristiques perceptives liées aux propriétés statistiques lors de la transformation des sons. Actuellement, cette recherche est à un stade très précoce, et les efforts de recherche initiaux se sont penchés principalement sur la description des caractéristiques statis-

tiques perceptiblement pertinentes dans une représentation temps fréquence des sons.

#### Projet ANR JC Houle

Le nouveau projet ANR Houle (programme Jeunes chercheurs), démarré en septembre 2011, vise l'élaboration de modèles hiérarchiques pour l'analyse de scènes auditives. Notre activité a consisté dans un premier temps à circonscrire la problématique traitée de manière à assurer la pérennité du travail réalisé selon trois axes : originalité, exploitabilité et faisabilité. Dans cette optique, nous avons pris la décision de nous focaliser, au moins dans un premier temps, sur l'analyse de scènes sonores environnementales, en nous écartant des problématiques plus spécifiquement liées à la parole et à la musique.

Afin de constituer une plate-forme d'expérimentation viable, nous avons développé un outil de synthèse de scènes sonores environnementales artificielles à partir d'extraits sonores acquis depuis la base FreeSound. L'outil génère des scènes de manière semi aléatoire en suivant un certain nombre de directives fournies par l'expérimentateur, et fournit une description détaillée de la scène pouvant servir de «ground truth» pour toutes tâches d'évaluation.



**Spectrogramme d'une séquence de percussion et sa segmentation hiérarchique**

Sur le front «recherche» proprement dit, nous avons réalisé une évaluation de l'adaptation à nos besoins de divers algorithmes de clustering pouvant servir de base à nos travaux, optant finalement pour une version du classique «k-medoids» particulièrement adaptée à l'analyse de données parcimonieuses et pouvant employer des mesures de similarité arbitraires. Sur cette base, nous avons développé le framework MLC (multi-level clustering) actuellement en cours d'évaluation.

#### ■ Analyse, synthèse et transformation de la voix

Nos recherches dans le domaine de la parole ont porté sur la source vocale (la glotte), la conversion de voix d'un locuteur vers un autre, la prosodie et le style de parole et le français spontané. Plusieurs développements en sont issus, base de données, bibliothèque «Emotive» et implémentations dans le logiciel SuperVP.

##### Source glottique, conduit vocal et conversion de la voix

*Projet Angel Studio: Feder; période: juil. 09-juin 12; coordinateur: Moby View*

En raison de la déficience du premier coordinateur, ce projet a été prolongé jusqu'en juin 2012.

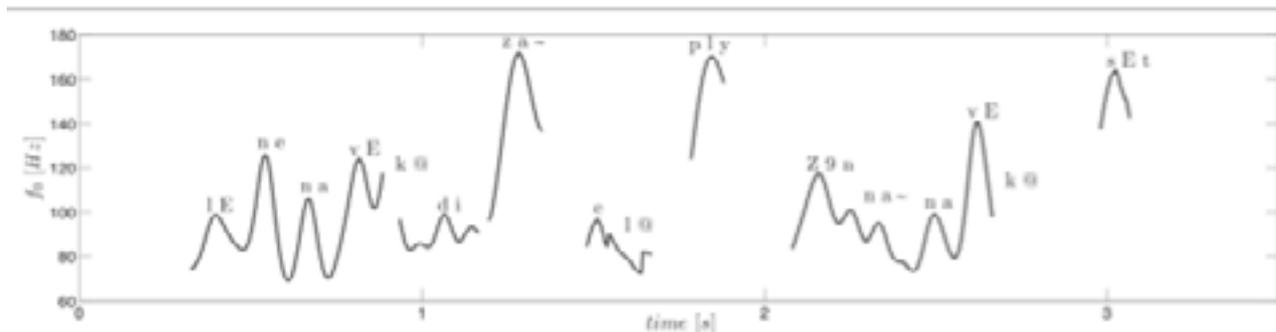
Dans le projet Angel Studio, P. Lanchantin a terminé les tâches de conversion d'identité de voix :

- afin d'estimer rapidement la conversion d'une voix source quelconque vers une voix cible spécifique, développement d'un apprentissage de modèle multilocuteur canonique et d'une conversion «one-to-many», fondée sur la modélisation eigenvoix-GMM;
- Implémentation dans SuperVP de la méthode de conversion avec normalisation (G. Degottex).

##### Thèse EDITE Stefan Huber; période: nov. 10-nov.13

La conversion d'identité de la voix vise à transformer les caractéristiques de la voix d'un locuteur source pour qu'elle soit perçue comme étant prononcée par un locuteur cible. Les deux principaux problèmes sont :

- une ressemblance insuffisante entre la voix transformée et la voix ciblée ;
- des artefacts qui apparaissent dans la voix transformée ;
- les deux problèmes sont abordés en traitant séparément la source glottique et le conduit vocal ;
- l'estimation du paramètre de forme Rd d'un modèle glottique (Liljencrants-Fantl), commencée par G. Degottex dans sa thèse, a été améliorée. En particulier, on a exploité le fait que la source glottique et le conduit vocal ont des propriétés de phase qui sont différentes.



Exemple de contour intonatif synthétisé en style journalistique

#### Modélisation de la prosodie et du style de parole

Thèse EDITE N. Obin ; période : novembre 06-juin 11

L'objet de la thèse est de modéliser la prosodie et le style de parole d'un locuteur dans le cadre de la synthèse de la parole expressive [Obin 2011e]. Le modèle développé au cours de la thèse repose sur des modèles de Markov cachés (HMMs) à observation discrète/continue pour modéliser les caractéristiques symboliques et acoustiques de la prosodie, ainsi que sur les contributions suivantes :

- une chaîne de traitement linguistique de surface et profonde (ALPAGE) pour l'enrichissement de la description des caractéristiques du texte ;
- la modélisation des caractéristiques à court et long terme de la prosodie par l'utilisation de méthodes de fusion d'information, de stylisation, et de modèle de trajectoire ;
- la modélisation du style de parole par des méthodes de normalisation du locuteur.
- le modèle développé au cours de cette thèse a été utilisé en synthèse de parole par sélection d'unités (ircamTTS) et par HMMs (ircamHTS).

#### Corpus de référence du français parlé

Projet Rhapsodie : ANR SHS ; période : fév. 08-Juin 12 ; coordinateur : univ. Paris-10

Dans ce projet, prolongé jusqu'en juin 2012, l'Ircam développe en particulier une base de données et un système de consultation et de requête en ligne (PHP, SQL) sur un corpus de parole spontanée annoté prosodiquement et syntaxiquement par les autres partenaires. En 2011, la base de données et le langage de requête ont été terminés par A. Truong en accord avec les futurs utilisateurs, linguistes notamment. Une interface d'utilisation graphique et interactive sera développée en 2012.

#### Transformation de parole en chant

Les travaux concernant la transformation d'un signal de parole en chant ont été commencés en collaboration avec J. Fineberg dans le cadre de son opéra *Lolita* en 2005-2007. En 2011, nous avons repris les travaux, notamment dans le but d'évaluer l'intérêt du contrôle du pulse glottique dans

le contexte de la transformation de parole en chant. L'algorithme de transformation utilise notamment les zones les plus stables des voyelles pour les dilater de façon extrême afin d'obtenir les notes cibles. Après cette dilatation, les notes sont extrêmement stables, sans aucune expression. Dans le but d'améliorer l'expressivité des notes nous avons implémenté du vibrato avec modification synchrone du pulse glottique. Les tests perceptifs montrent que la modification du pulse glottique lors du vibrato rend le chant résultant plus convaincant.

#### ■ Description des contenus musicaux

Les travaux relatifs à la description du contenu audio d'un morceau de musique sont effectués dans le cadre des projets Oseo Quaero (dont l'Ircam coordonne le WP audio et musique), des nouveaux projets européens MIREs et 3DTVS ainsi que dans la thèse de Lise Régnier.

#### Caractérisation de la voix chantée

Thèse de Lise Régnier

Les travaux sur la description de la voix chantée pour la reconnaissance de chanteurs se sont poursuivis en 2011 ; en particulier le développement d'une méthode pour combiner les informations décrites par les descripteurs de timbre et les descripteurs d'intonation pour améliorer l'identification de chanteurs [Regnier11a], ainsi que la comparaison des performances des modèles de chanson et de chanteurs pour vérifier l'identité du chanteur d'une chanson donnée [Regnier12a].

#### Estimation du tempo, battement, premier temps, caractérisation du rythme

La méthode « copy and scale » (estimation directe du tempo/beat-position/classe) a été étendue en 2011 de manière à permettre son utilisation sans étage de pré-estimation [Peeters11b]. Une optimisation de la recherche dans l'espace complexe de codes par définition d'une lower et upper bound a également été proposée.

Le développement de l'algorithme ircambeat [Peeters11c] a été poursuivi et intégré dans AudioSculpt 3.0.

### Estimation de la structure temporelle

L'étude de l'estimation de la structure temporelle a suivi trois axes en 2011. Le premier concerne l'estimation de la structure basée sur les changements au cours du temps de la tonalité locale. Le deuxième concerne l'estimation d'un paramètre permettant de désigner (pour un morceau donné et un pré-calcul donné) la représentation (parmi celles en état et en séquence) la plus appropriée [Peeters11e]. Le troisième concerne la proposition de nouvelles mesures de discrimination entre séquence et non-séquence dans une matrice de similarité.

### Recherche par similarité acoustique

La version 2.0 du système de similarité acoustique développée en 2011 prend en compte les problèmes de scalabilité et de robustesse. Pour cela une modélisation sous forme d'UBM (*universal background model*) dans un espace métrique est proposée [Charbuillet11a]. Une expérience de similarité entre titres musicaux a été menée permettant de conclure à l'équivalence des recommandations de type Pandora (référence dans le domaine) et la version 2.0. La version 2.0 a été soumise aux campagnes d'évaluation internationale MIREX (premier ex-æquo) et Quaero-Eval-11.

### Classification mono - label, multi-label

La version 3.0 du système de classification générique de l'Ircam a été développée en 2011. Elle repose sur un nouvel étage d'analyse modélisant les descripteurs MFCC et SFM d'une part par le nouveau modèle UBM/Super-Vector et, d'autre part, par un modèle AR vectoriel (coefficient  $a_k$  ainsi que modélisation du résiduel ARV par un UBM/Super-vector). Ces descripteurs modélisés sont ensuite utilisés pour l'apprentissage de classifieurs binaires de types SVM (noyau RBF). Ce système a été utilisé pour l'apprentissage des classes genre, humeur, instrumentation, live/studio ainsi que la segmentation voix chantée/musique dans le prototype MSSE d'Orange. Le système a été évalué très positivement (deuxième place) lors de l'évaluation internationale MIREX, ainsi que Quaero-Eval-11.

Parallèlement, les études sur le timbre instrumental ont été poursuivies à travers la mise à disposition d'une ToolBox Matlab référençant les descripteurs de timbre [Peeters11d], et à travers l'étude de la fusion perceptive et du timbre de dyades instrumentales composées d'un instrument percussif et d'un instrument tenu [Tardieu12a]. Une étude innovante sur l'effet du processus de production (mastering et utilisation du champ stéréo) en musique, a également été effectuée donnant lieu à de nouveaux descripteurs [Tardieu 11a].

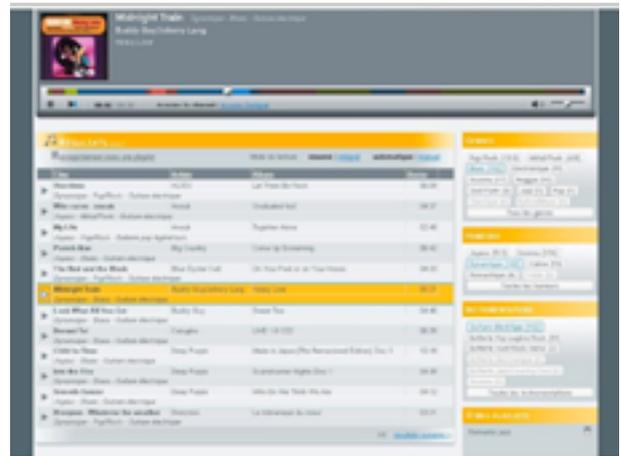
### Identification audio

En 2011, le processus de synchronisation des codes entre base et flux, présenté cette année à l'ICASSP [Ramona11c], a été consolidé de manière à garantir un flux « pseudo-régulier » de time-stamps, même en cas de non détec-

tion d'onsets. Afin de comparer avec précision la détection d'onsets sur les deux signaux, un processus de correction et de synchronisation des annotations a été développé [Ramona11f]. L'évaluation Quaero 2011 a également été un rendez-vous majeur de l'année. De par le volume de la base d'apprentissage (100.000 titres), elle a nécessité le développement d'outils de détection de correction des redondances au sein d'une collection d'extraits audio. Un article collaboratif sur l'environnement d'évaluation [Ramona11b] est en instance d'être publié.

### Annotations, campagnes d'évaluation et Intégration

La deuxième phase de création de corpus pour le projet Quaero s'est poursuivie en 2011. L'Ircam a également fourni les corpus et les environnements d'évaluation pour de nombreuses tâches de Quaero-Eval-11 et participé aux campagnes MIREX-11 et Quaero-Eval-11. Les technologies de l'Ircam du projet Quaero ont également été intégrées dans les applications MUMA (Exalead), MSSE (Orange).



*Quaero : Intégration des modules d'indexation dans le démonstrateur MSSE développé par Orange Labs*

## ■ Modélisation physique pour l'analyse et la synthèse du son

### Validation de modèles 1D de tubes acoustiques à section variable

Les résonateurs d'instruments à vent ont souvent été approchés par des cascades de tubes droits ou coniques, tant pour la synthèse sonore par guides d'ondes que le calcul de fonctions de transferts caractéristiques (impédance d'entrée, transmittance, etc.): la raison principale est d'exploiter les propriétés simples des ondes planes ou sphériques (décomposition en ondes progressives et formalisme en guides d'ondes numériques, méthode des matrices de transfert à expression analytique, etc.)

Ces dernières années, des raffinements possibles de ce type de modélisation ont été recherchés et élaborés, en particulier pour traiter le cas délicat des cuivres et des pavillons.

Ces raffinements reposent sur 4 points clef : (1) une équation des pavillons à abscisse curviligne, (2) la jonction régulière (raccord doux) de tronçons à profil évasé, (3) un modèle de rayonnement compatible avec un front d'onde sphérique, (4) la prise en compte des pertes visco-thermiques à la paroi.

Cet ensemble permet de retrouver des décompositions en guides d'ondes numériques et un formalisme en matrice de transfert. En particulier, nous avons prouvé qu'avec les ingrédients (1) et (2), les réponses impulsionnelles ne font plus apparaître les sauts irréalistes apportés par les méthodes plus simples. En pratique, ceci permet d'approcher des profils évasés avec peu de tronçons sans dégrader le résultat.

Enfin, des comparaisons avec des mesures (pavillon de trombone Courtois 155R) montrent que chaque ingrédient est pertinent : le réalisme est significativement accru et le nombre de tronçons de description peut être largement réduit. En conclusion, ce travail montre que, même pour les cuivres, les modèles unidimensionnels peuvent être utiles et efficaces.

Ce travail a été présenté en conférence [Helie11d] et un article de revue est en préparation.

#### Travaux sur la simulation de systèmes physiques à passivité

Ces travaux initialisent un cycle de recherche en lien avec le projet ANR HamecMopSys sur les systèmes dits « hamiltoniens à port », qui débute fin 2011. Ici, on souhaite construire des simulations numériques qui préservent le comportement énergétique du système physique initial (conservatif, dissipatif, etc.) et plus précisément son bilan de puissance. Garantir ce bilan n'est pas toujours naturel et simple pour certains systèmes de grande dimension et certains systèmes non linéaires. Or, trop s'écarter de ce bilan peut rendre le système numérique « non physique ».

Un premier travail sur la simulation des tubes acoustiques a été lancé dans le cadre du stage Atiam M2R de Louis Delebecque. La représentation en guide d'ondes de tubes à profil évasé et avec pertes visco-thermiques implique des opérateurs de dimensions infinies. Bien qu'efficaces numériquement, les méthodes d'approximations mises en place par le passé (Thèse de Rémi Mignot) ne garantissent pas la passivité. Ceci pose problème pour offrir un outil de lutherie virtuelle et de simulation « garanti robuste ». Dans ce stage, une étude énergétique a permis de traiter le cas d'ondes progressives de type ondes planes et ondes sphériques. Le cas d'ondes progressives plus générales (introduites dans la thèse de R. Mignot et le stage M2R Atiam de T. Hézar) reste à faire.

Un second travail présenté à DAFx [Helie11c] a concerné l'étude de la passivité du circuit électronique du « filtre Moog ». Cette étude a été menée à bien pour l'approximation linéaire du circuit (conditions nécessaires et suffisantes de passivité et stabilité). Ces résultats sont en partie généralisables au cas exact non linéaire. Des tests numériques de passivité ont montré que des schémas numériques standard ne garantissaient pas le bilan de puissance. La recherche

d'un tel schéma garanti (et si possible explicite, faible coût) sera poursuivie.

#### Convergence des séries de Volterra pour des systèmes analytiques-linéaires de dimension infinie

Avec B. Laroche (L2S, Supélec), nous avons proposé dans [Helie10b] des théorèmes et algorithmes de calcul de rayon de convergence et d'erreur garantie pour les systèmes dynamiques de dimension infinie, à non-linéarité analytique sur l'état et affine en l'entrée avec condition initiale non nulle. Ce travail vient d'être soumis pour publication en revue : il étend les travaux lancés depuis plusieurs années (voir par exemple [Helie10b]) à une classe de systèmes qui permet de traiter en particulier des problèmes de vibro-acoustiques.

#### Bouche artificielle robotisée

Une bouche artificielle robotisée dédiée au jeu des instruments de type cuivre a été développée. Ce système a déjà permis d'obtenir des calibrations des paramètres de lèvres artificielles, d'effectuer des séries d'expériences reproductibles et de fournir des cartographies (énergie, fréquence fondamentale, etc.). À partir de ces résultats, des commandes en boucle ouverte (c'est-à-dire sans aucune correction par rétroaction) ont permis de jouer des séquences simples de quelques notes.

De nombreux signaux (pression de bouche, dans l'embouchure, force d'appui, etc.) sont mesurés et les actionneurs sont pilotés en temps réel par un système dSpace (incluant DSP, carte entrée/sorties, très employé pour le prototypage dans le secteur de l'automobile et de l'industrie). Ce système est programmable de façon simple et conviviale par Matlab/Simulink et interfaçable avec Max/MSP pour le traitement du signal musical temps réel.

La suite de ce travail consiste, d'une part à étudier le comportement dynamique du système couplé « lèvres/instrument », d'autre part, à asservir le robot afin qu'il puisse reproduire correctement des sons cibles.

#### Modélisation, analyse et identification de circuits non linéaires : application aux amplificateurs de guitare pour la simulation en temps réel

*Thèse EDITE d'Ivan Cohen ; période : janv. 2007 avril 2012 (thèse CIFRE-ANRT avec Orosys/Two Notes)*

L'amélioration des modèles de lampes (triodes, pentodes), le développement d'un banc pour leur mesure et leur caractérisation, la mise en place de méthodes numériques dédiées ont conduit à des simulations temps réel d'une chaîne complète d'amplification pour guitare électrique de qualité jusqu'ici non égalée. Une méthode automatique d'analyse de circuit électronique générant un code de simulation temps réel et préservant la passivité des circuits est en cours.

Systèmes dynamiques de production de la voix informés par la physique et commandés par la géométrie pour l'analyse et la synthèse sonore

*Thèse SMAER de Thomas Hézard ; nov. 2010-nov. 2013.*

L'objectif de ce travail est de développer des modèles d'analyse-synthèse de la voix s'inspirant du modèle source-filtre mais prenant en compte des phénomènes physiques négligés jusque-là dans ce type de modèles.

Le premier modèle développé cette année s'appuie sur des éléments simples et connus et intègre un couplage aéroacoustique entre la glotte et le conduit vocal. Les premiers résultats ont permis de mettre en évidence l'effet non négligeable de ce couplage non-linéaire, non pris en compte par le modèle source-filtre. Des premières méthodes d'analyse partielle ont donné des résultats encourageants et des travaux sur l'analyse globale sont actuellement en cours.

De plus, la collaboration avec l'école Mines ParisTech dans le cadre du projet VoiceTronics devrait donner lieu à un premier prototype de système multicateur de mesure in vivo et non-invasive de l'activité glottique avant la fin de l'année scolaire.

## ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	13	Nationaux et régionaux	2	CNSMDP, EHESS, UPMC, CIRMMT, McGill U., LIX E. Polytechnique, Thalès, Inria, ENS ULM et Lyon, U. San Diego, JFLI U. Tokyo, U. de Genève, Napier U., Edinburgh, LRI Paris-11, IHES, CEA Saclay, Stanford U., US, U. Pisa (It.), LACL U. Paris Est, U. Minnesota (US), U. Zürich (Sw.), U. Berlin (All.), ESMUC (Esp.), U. Jyväskylä (Fl.), U. de Picardie, CIREC U. de Montpellier, CNMAT U. Berkeley, DLSI U. de Alicante, U. Evry	Ph. Manoury, M. Stroppa, E. Nunes, L. Morciano, E. Lévinas, L. Francesconi, L., Cacciatore, R. Platz, G. Amy, Y. Maresz, D. Ghisi, R. Imbert & Compagnie Nine Spirit, B. Lubat, M. Kimura, S. Lehman, K. Haddad, R. Del Fra, A. Markeas, S. Coleman, J. di Donato
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	5	Conférences avec comité de sélection	27	Internationaux			
Doctorants	10	Ouvrages et chapitres	7	Contrats industriels	1		
Stagiaires	4	Thèses Ede doctorat et HDR					

Responsable : Gérard Assayag

L'équipe Représentations musicales a pour objet les structures de la musique telles que l'on peut s'en emparer à l'aide de la science et de la technologie informatiques pour les spécifier, les formaliser, les représenter, les modéliser, les engendrer et les manipuler, dans un souci d'aide à la création et à l'analyse. Depuis quelques années, en plus de la composition, domaine de prédilection de l'équipe, un travail important est effectué pour étendre notre expertise au domaine de l'interaction, qu'il s'agisse de fournir des technologies pour l'interaction improvisée, ou d'étudier plus généralement, en collaboration avec les équipes spécialisées, l'articulation des approches formelles, cognitives, et audionumériques, dans une approche multi-échelles qui nous semble aujourd'hui inévitable pour envisager la complexité musicale. Ce côté pluridisciplinaire s'est renforcé en 2010, et a atteint son plein régime en 2011 avec l'arrivée de plusieurs nouveaux chercheurs (J.L. Giavitto, A. Cont, F. Jacquemard).

Sur le plan du renouvellement des modèles scientifiques fondamentaux, le travail de thèse sur la géométrie de l'information dans le projet MuSync (voir ci-dessous) et une nouvelle thèse sur la programmation spatiale en collaboration avec le LACL à l'université Paris-Est, posent les bases d'approches neuves pour la découverte de structures, ceci aussi bien sur des flux audio avec un traitement en ligne, que sur les éléments symboliques de la musique dont les représentations hors-temps peuvent être traitées selon un modèle spatial. Une autre thèse en co-tutelle avec l'université de Pise explore la possibilité de bénéficier de modèles issus des théories de la complexité grâce à une formalisation algébrique de la musique.

Une série de thématiques liées à l'écriture (du son, de l'espace, de l'interaction) opèrent la jonction entre concepts fondamentaux et technologies diffusibles auprès des créateurs. Un nouveau concept, la synthèse sonore spatialisée, a permis

de relier les divers outils existants dans OpenMusic, en proposant, en collaboration avec l'Université McGill, un environnement de haut niveau pour la composition dans l'espace. L'interaction symbolique, concept mis en avant par l'équipe pour exprimer l'intention d'introduire dans le traitement de la performance un haut niveau de modélisation formelle et cognitive, avance avec la distribution d'une version totalement réécrite du logiciel OMax, et se décline désormais dans le domaine de l'arrangement automatique pour le projet ANR SOR2. Enfin, l'écriture du son, là encore entre traitement du signal et représentations formelles, progresse avec une nouvelle thèse sur l'orchestration assistée qui a produit des outils innovants pour la recherche multi-objectif de séries temporelles qui bouleversent ce domaine y compris dans les applications extra-musicales.

L'équipe Représentations musicales abrite désormais le projet MuSync (resp. Arshia Cont) qui préfigure une équipe projet commune entre l'Inria et l'unité STMS de l'Ircam en cours d'évaluation. Le projet porte notamment sur la reconnaissance et la programmation temps réel et synchrone des signaux musicaux et nourrit le logiciel Antescofo. Avec ce projet les thématiques d'écriture du temps et de l'interaction prennent un essor nouveau, dans la perspective d'un environnement généralisé de spécification et de contrôle des structures temporelles dynamiques.

Enfin, tous ces projets qui ont une base de « sciences dures » et de technologies sont replacés dans une perspective globale, cognitive et culturelle, à travers des projets soutenus par l'ANR dans le champ des sciences humaines, qui examinent l'impact des technologies numériques aussi bien sur les stratégies créatives du musicien qui les utilise que sur les modalités de production, d'écoute et de transmission dans un vaste ensemble culturel.

### ■ Fondements mathématiques, cognitifs et musicologiques

Cet axe de recherche constitue la suite naturelle du projet MISA (Modélisation informatique des structures algébriques en musique) dans ses trois dimensions principales : mathématiques/informatique, cognitives et musicologiques (en particulier pour l'analyse musicale computationnelle). Avec la thèse d'Arnaud Dessein sur la géométrie de l'information, il intersecte aussi avec le projet MuSync.

#### Approches géométriques et logiques en informatique musicale

Le travail de thèse de Louis Bigo poursuit l'étude du paradigme de la programmation spatiale en vue de son application en analyse musicale (co-encadrement de J.-L. Giavitto et M. Andreatta avec l'université de Paris-Est). La programmation spatiale vise à modéliser des problèmes comme déplacements dans un espace ou comme transformation de structures spatiales. Elle fournit des outils informatique permettant de développer des analyses dans la lignée de la Set Theory. Ce travail a déjà permis d'explorer la pertinence d'outils topologiques pour la représentation et la classification d'objets musicaux tels le calcul des séries tous intervalles, la théorie harmonique néo-riemannienne et la représentation géométrique de suites d'accords. Une méthode de calcul automatique de l'espace cellulaire engendré par une série d'accords à  $n$  notes a été développée en MGS et présentée à MCM. Un outil expérimental a été développé afin d'assister le musicologue dans la recherche du *Tonnetz* le plus adapté à l'analyse d'une séquence musicale (cf. Fig. 1). L'outil se focalise sur les réseaux hexagonaux et développe plusieurs mesures de compacité des accords dans ces réseaux. Un prototype expérimental a été développé en MGS. Une seconde version, plus commode pour le dialogue avec les compositeurs, est développée en Java. À terme, cette suite d'outils sera intégrée à l'environnement OpenMusic.

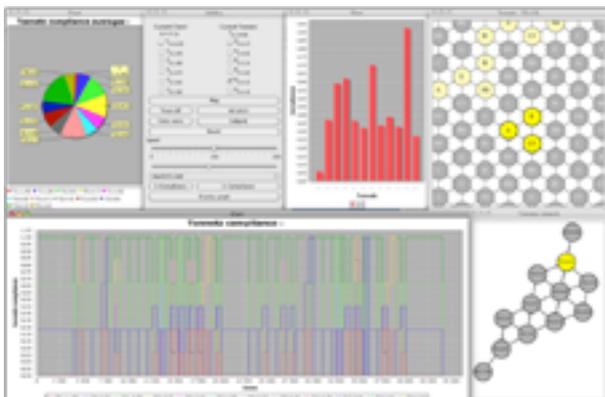


Fig. 1

#### Mathématique, musique et cognition

Cette recherche est menée dans le cadre d'une extension du projet « Mathématiques/Musique et Cognition » (AFIM, 2008-2010). L'année 2011 a été consacrée, en particulier, à l'utilisation de la transformée de Fourier discrète en musicologie computationnelle et à la théorie des ensembles homométriques. En formalisant la relation  $Z$  d'un point de vue algébrique, nous avons pu tout d'abord montrer que cette relation pertinente d'un point de vue musical est en réalité un cas particulier de la théorie des ensembles homométriques. De plus, en introduisant la transformée de Fourier discrète (DFT) d'un sous-ensemble d'un groupe cyclique  $Z/nZ$ , on arrive à une formalisation élégante de la relation  $Z$  (et donc des ensembles homométriques). Étant donné deux sous-ensembles  $A$  et  $B$  de  $Z/nZ$ ,  $A \sim_Z B$  ssi, les modules de la DFT de  $A$  et  $B$  coïncident. Ceci ouvre la question de la récupération de la phase (*phase retrieval*) en théorie mathématique de la musique, autrement dit comment reconstruire une structure musicale (accord, pattern rythmique,...) à partir de son contenu intervallique. Il s'agit d'un problème qui reste ouvert, comme d'ailleurs celui d'une énumération exhaustive de toutes les parties de  $Z/nZ$  en relation  $Z$  pour un tempérament égal donné. Notre contribution principale a été la présentation de cette approche théorique dans le cadre de la théorie de la mesure ainsi que l'étude computationnelle de la relation  $Z$  généralisée (ou relation  $Z_k$ ) qui nous a permis de montrer l'existence d'ensembles en relation  $Z^4$  (dans le cas du groupe cyclique d'ordre 36). Par définition, deux sous-ensembles  $A$  et  $B$  de  $Z/nZ$  sont en relation  $Z^k$  si toute orbite de cardinalité  $k$  (par rapport à l'action du groupe diédral) est contenue le même nombre de fois dans les deux sous-ensembles. L'étude des retombées perceptives de l'utilisation de la DFT dans la représentation des patterns rythmiques a fait l'objet du stage de Master 2 de Pierre Beau-guitte dans le cadre de la formation Atiam et suscite une collaboration avec Isabelle Viaud-Delmon (équipe Espaces acoustiques et cognitifs) et Patrick Susini (équipe Perception et design sonores) ainsi que le compositeur Daniele Ghisi.

#### Formalisation algébrique et catégorielle des structures musicales

Thèse de John Mandereau en co-tutelle avec l'Université de Pise et l'UPMC, dir. M. Andreatta et C. Agon. 2009-2012.

Le travail de recherche mené en 2011 prolonge les essais de représentation et de formalisation des partitions musicales en s'appuyant sur des méthodes issues des « catégories pondérées » et en s'inspirant du modèle SEM (systèmes évolutifs à mémoire) d'Andrée Ehresmann. On s'est concentré sur le problème d'utiliser les SEM comme généralisation de la théorie des réseaux des neurones, des automates et des X-machines. Afin de définir une sémantique pour les SEM englobant les réseaux des neurones artificiels et les automates, on a défini le concept de « système évolutif neuronal » (ENS, Evolutive Neural System). Ces résultats ont été présentés dans deux séances du séminaire MaMuX con-

créées aux SEM et ses applications en informatique musicale (« Modélisation de la hiérarchie et de l'émergence » et « Auto-organisation, apprentissage »).

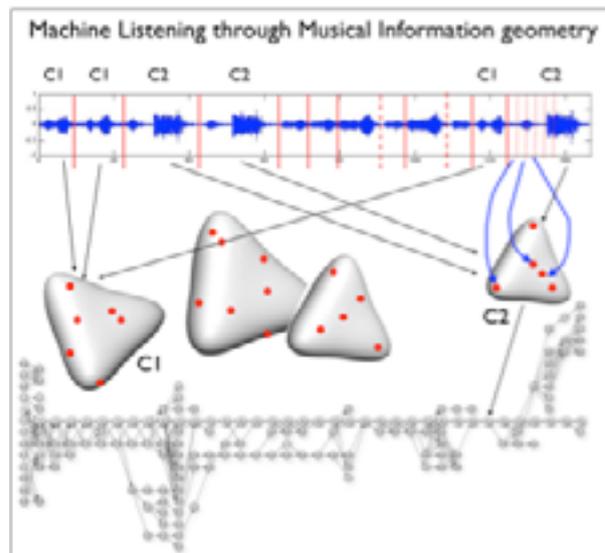
#### Géométrie de l'information

*Thèse Arnaud Dessein (EDITE), Dir. A. Cont & G. Assayag, période 2009-2012. Ce travail est rattaché au projet MuSync.*

La géométrie de l'information est un domaine récent des mathématiques qui étudie les notions de probabilité et d'information par le biais de la géométrie différentielle. L'idée est de représenter les signaux musicaux dans un tel cadre pour bénéficier des outils géométriques et statistiques puissants de la géométrie de l'information. L'équipe s'intéresse à ce domaine pour des problématiques de fouille de données musicales et d'extraction de contenus à partir de flux audio, avec des applications aux environnements de transformation des sons, d'interaction musicale pour la scène, et d'indexation par le contenu.

Les méthodes de géométrie de l'information computationnelle développées ont été implémentées dans une boîte à outils Matlab. Celle-ci contient en particulier des algorithmes génériques pour le partitionnement de données, l'estimation de paramètres, les recherches par proximité, pour les familles exponentielles de distributions de probabilité et leurs divergences de Bregman associées. D'un point de vue théorique, de nouveaux algorithmes de détection de changements en temps réel pour les familles exponentielles ont été proposés et ont été ajoutés à la boîte à outils. Des applications en segmentation spectrale et timbrale de musique, de parole, et de textures sonores, ont été étudiées. À partir de cette segmentation, de premiers exemples de recherche de structures et de synthèse sonore ont été ébauchés et seront poursuivis en collaboration avec Carmine Emanuele Cella, compositeur en recherche en 2012. Enfin, de nouveaux algorithmes de transcription polyphonique en temps réel basés sur les divergences de Bregman ont été développés, dont un prototype a été implémenté dans l'environnement musical temps réel Max/MSP en collaboration avec Thomas Goepfer, référent pour les réalisateurs en informatique musicale, et des compositeurs tels que Gilbert Amy, Philippe Manoury, Peter McCulloch.

L'aspect communautaire a également été développé, notamment par le biais du séminaire Léon Brillouin organisé par l'Ircam en partenariat avec Thales et le LIX, et la participation à des sessions spéciales en conférences et à des ateliers de travail, entre autres MIG, SMAI, GRETSI.



#### ■ Écriture du son, du temps et de l'espace

Au-delà des technologies pour la synthèse, le traitement et la spatialisation du son, se pose la question de leur insertion dans des environnements propices à la conception, au contrôle et à l'écriture.

#### Aide à l'orchestration

*Thèse de Philippe Esling (EDITE), Dir. C. Agon, période 2009-2012*

L'orchestration assistée par ordinateur relève de paradigmes hétérogènes pour la résolution des problèmes liés simultanément à l'écriture et à l'analyse du signal. Les deux thèses de G. Carpentier et D. Tardieu avaient déjà permis l'avènement du logiciel Orchidée effectuant la reconstruction d'un timbre statique cible par un ensemble déterminé d'instruments de l'orchestre. Dans le cadre de la thèse de Philippe Esling, de récentes avancées ont permis l'avènement d'un nouveau logiciel d'orchestration nommé ATO-MS. Celui-ci permet de passer à un niveau plus élevé de modélisation, par la compréhension des structures temporelles du timbre. Ce nouvel environnement est basé sur une architecture modulaire aisément extensible et implémente des techniques d'analyse des séries temporelles afin de fournir un stockage et un temps de calcul efficaces, tout en utilisant une mesure de similarité permettant des déformations non-linéaires des axes aussi bien temporels que d'amplitude. Les solutions proposées optimisent donc aussi bien l'ensemble de descripteurs sélectionnés que l'évolution temporelle de ces structures. Cette recherche peut également être couplée avec celle des descripteurs statiques permettant donc d'attaquer la reconstruction timbrale sous différents angles complémentaires. De plus, grâce aux avancées effectuées sur la recherche temporelle, il est possible d'interagir de manière efficace avec des bases de données de l'ordre de plusieurs millions d'éléments. Cette architecture permet ainsi d'obtenir une optimisation évolutive des descripteurs, par la définition de

cibles multiples ou abstraites tout en s'appuyant sur une vaste connaissance. Notre environnement offre également un cadre permettant une première approche des macro-articulations orchestrales par l'utilisation d'un système d'écriture permettant également un lien avec la synthèse sonore.

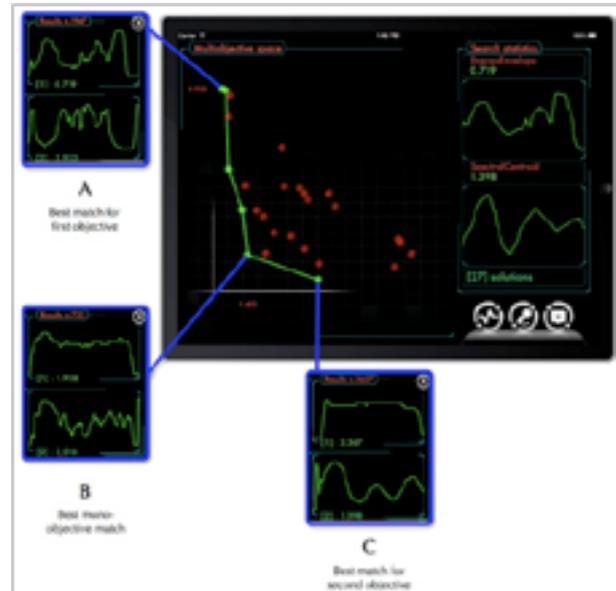
#### Recherche efficace de séries temporelles

*Thèse Philippe Esling (EDITE), Dir. C. Agon, période 2009-2012*

La recherche de sons peut s'avérer une tâche pénible et laborieuse dans le cas de bases de données massives. Même lorsque des méta-informations sont disponibles, les résultats restent souvent loin de la représentation mentale imaginée par l'utilisateur. Aucun système ne permet actuellement la projection intuitive d'une idée sonore en requête efficace, les échantillons sonores ne permettant pas la même extraction d'information de haut niveau que les chansons (e.g. mélodie, paroles). Partant de cette observation, nous avons développé un système générique permettant d'effectuer des requêtes efficaces sur des formes temporelles et de prendre en compte la nature multidimensionnelle de la perception sonore. Celle-ci permet d'effectuer des requêtes basées sur la forme temporelle de descripteurs plutôt que sur de simples valeurs moyennées. Ces descripteurs sont modélisés pour obtenir leur moyenne, écart-type ainsi que la forme de leur évolution temporelle grâce à une représentation symbolique permettant à la fois un stockage compact et une recherche efficace. Cependant, il était primordial que la comparaison des séries temporelles permette d'obtenir une similarité basée sur des critères perceptifs pour des objets pouvant être mathématiquement très divergents. En utilisant une mesure dérivant du Dynamic Time Warping (DTW), nous calculons une similarité robuste suivant les distorsions non linéaires aussi bien d'amplitude, de temps, de bruit et de valeurs singulières. Grâce à un algorithme d'indexation novateur, il est possible d'obtenir presque instantanément le meilleur élément d'une base de plusieurs millions d'échantillons sonores.

Notre étude s'est ensuite ouverte à l'implémentation d'interactions de plus haut niveau. Nous avons étudié la possibilité d'une recherche pertinente sur plusieurs courbes temporelles simultanément, dépassant le cadre de la simple pondération de critères souvent peu pertinente. Ceci posant un problème générique encore peu étudié : l'analyse multi-objectifs des séries temporelles. Il s'agit d'obtenir un ensemble de solutions qui optimisent conjointement différents critères temporels. Grâce à une heuristique novatrice, nous avons réalisé le premier algorithme exact de recherche multi-objectifs des séries temporelles. Ces techniques novatrices issues du champ musical s'appliquent potentiellement à tous les champs de recherche scientifique de par l'ubiquité de l'information temporelle. La recherche multi-objectifs de séries temporelles ouvre à de nombreuses applications dans divers domaines allant de l'analyse médicale à la robotique. Celle-ci permet également la mise en place d'un système de requête par imitation vocale basé sur de multiples descrip-

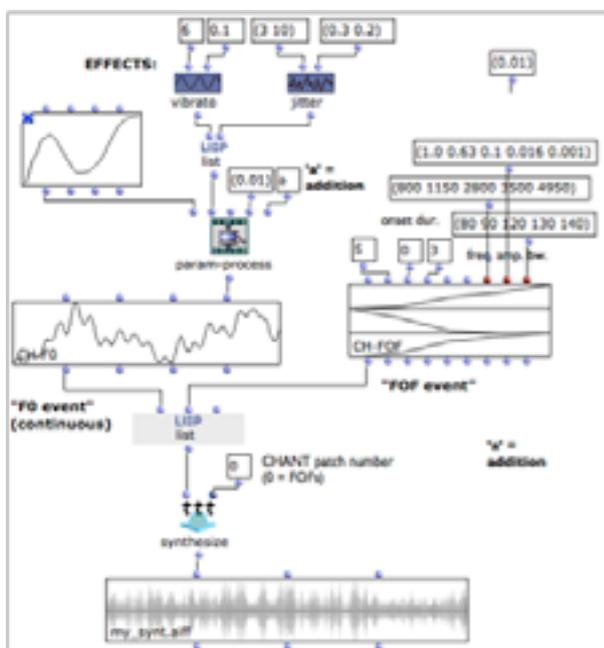
teurs spectraux. Ils sont également à la base de la construction d'un prototype à interface multitouch pour la recherche et la gestion de bases de données massives d'échantillons sonores.



#### Contrôle de la synthèse

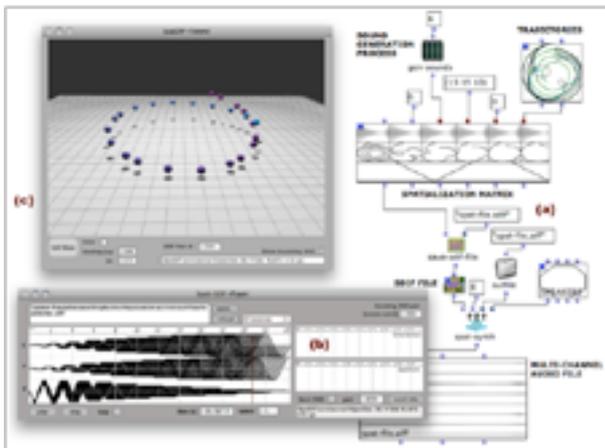
L'assimilation des techniques de traitement et synthèse sonores dans le domaine de la composition assistée par ordinateur permet de créer et manipuler le son au sein de processus compositionnels. Les possibilités de représentation et de calcul ainsi que les concepts de formalisation et modélisation proposés par l'outil informatique sont alors mis en œuvre dans une composition s'étendant des macrostructures musicales jusqu'aux microstructures sonores. Un ensemble de bibliothèques sont développées et utilisées pour le contrôle de différents outils d'analyse, de traitement et de synthèse sonores dans l'environnement OpenMusic. La bibliothèque OMChroma, développée par Jean Bresson en collaboration avec le compositeur Marco Stroppa, fait partie des composantes majeures de ce projet, proposant un ensemble d'objets OpenMusic représentant des « événements » attachés à différents processus de synthèse, ainsi que des modes de paramétrages puissants et originaux. L'article publié en 2011 dans *Computer Music Journal* synthétise les principaux concepts et outils proposés par cette bibliothèque. Par ailleurs, l'étude des aspects continus dans les structures de contrôle pour la synthèse sonore est au cœur des récentes avancées dans ce domaine. Celle-ci s'appuie sur le synthétiseur Chant, qui permet de créer des sons à l'aide d'un modèle de synthèse vocale basé sur des « fonctions d'ondes formantiques » (FOF) dont les caractéristiques peuvent être décrites par des règles de contrôle ou par des valeurs évoluant au cours du temps. Dans un premier temps, le développement de la bibliothèque OM-Chant a permis de convertir des données issues de l'environnement OpenMusic en séquences de contrôle adaptées au synthéti-

seur. De là, l'intégration de la synthèse Chant dans le système OMChroma permet d'en modulariser le contrôle et d'y introduire une notion d'événement avec des objets temporels délimités dans le temps, déterminant l'évolution de ses composants sur un intervalle donné. Un ensemble d'événements rassemblés dans un contexte temporel permet alors de définir des séquences de contrôle structurées, tout en introduisant des problématiques nouvelles concernant les transitions et recouvrements temporels. Ces premiers développements sont abordés dans un article présenté aux journées d'informatique musicale de Saint-Etienne (JIM 2011) en collaboration avec Romain Michon (CIEREC – université Jean Monnet), puis à l'ICMC en collaboration avec Marco Stroppa, sous le point de vue notamment des problématiques temporelles. Après une première phase de reconstitution de quelques exemples « historiques » avec ces nouveaux outils (notamment l'air de *la Reine de la nuit*), une période de travail en studio avec Marco Stroppa et Carlo Laurenzi a permis de mettre en œuvre un système de contrôle des transitions basé sur les techniques de fonctions d'ordre supérieur intégré dans les procédures de contrôle OpenMusic et lié aux interfaces créées pour le contrôle de la synthèse dans OMChroma. Ces travaux seront utilisés pour la production de la partie électronique de l'opéra *Re Orso* (Marco Stroppa, Opéra Comique, 2012) et leur prolongation sera assurée en 2012 par un stage de Master Atiam.



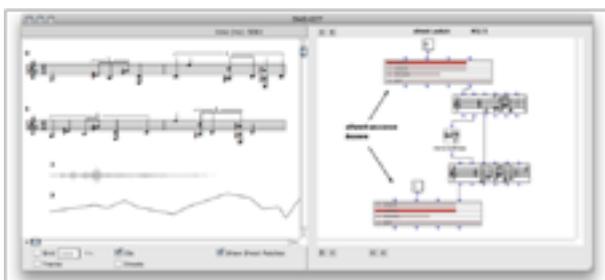
#### Contrôle de la spatialisation, synthèse spatialisée

Après la synthèse sonore, la spatialisation du son se présente comme une continuation de cette démarche d'unification dans l'écriture et la modélisation des processus sonores et musicaux. Depuis 2009, l'équipe Représentations musicale soutient un projet d'intégration de la spatialisation dans les processus et outils de composition assistée par ordinateur, notamment en collaboration avec le CIRMMT, (McGill University, Canada) dans le cadre de la thèse de Marlon Schumacher. Lors de différents échanges, et sessions de travail réalisées à l'Ircam et dans les laboratoires du CIRMMT ont été élaborés un certain nombre d'outils et de bibliothèques OpenMusic offrant des possibilités inédites pour le contrôle de la spatialisation dans la synthèse sonore et la composition musicale en général. OMPrisma est une extension du système OMChroma dans laquelle les processus de synthèse et de rendu sonore spatialisé peuvent être combinés suivant un principe original de « synthèse sonore spatialisée ». Ces processus sont par ailleurs associés à des processus compositionnels de plus haut niveau avec une complexité potentielle et une finesse de contrôle jusqu'ici inaccessible. La nouvelle version (2) de cette bibliothèque inclut une architecture d'objets repensée pour plus de flexibilité, une implémentation du système ViMiC (Virtual Microphone Control) et de nouvelles interfaces pour la spécification et la visualisation des patterns de directivité des sources et microphones, ainsi qu'un ensemble d'autres améliorations et optimisations. OM-Spat est une autre bibliothèque disponible sur le Forum Ircam et dédiée à la description abstraite de scènes sonores et leur transmission vers des systèmes externes de rendu spatialisé. Les données sont enregistrées et transférées sous forme de fichier SDIF, interprétables notamment par un outil développé à partir de la bibliothèque Spat 4 (par Thibaut Carpentier, équipe Espaces acoustiques et cognitifs) et également distribué par le Forum, permettant de reproduire la scène sonore sous forme de son multicanal. Dans l'idée de permettre une communication des outils de CAO avec les environnements temps réel de synthèse et spatialisation, un projet de streaming temps réel a été initié, notamment avec une application/prototype en Max/MSP (Spat-SDIF-Player), utilisant MuBu (Ircam/IMTR) pour la lecture et le buffering des données. Dans le cadre de ce projet, nous avons été amenés à participer au groupe de travail SpatDIF pour l'élaboration d'un standard de description des scènes spatialisées (visite de Nils Peters du CNMAT dans l'équipe, sessions de travail à ICMC 2011). Les messages SpatDIF créés par Spat-SDIF-Player sont ainsi transférés via SpatDIF et OSC, et interprétables dans Max/MSP par exemple par le Spat~/Spat.oper de l'Ircam ou par un module de visualisation 3D (SpatDIF-Viewer) développé en collaboration avec Marlon Schumacher au CIRMMT. Ces travaux ont été présentés dans différentes conférences et événements en 2011, notamment lors de la Semaine du son à l'Ircam et à l'ICMC (Huddersfield).



### Partitions hétérogènes/OM-Sheet

Lors de précédents travaux portant sur l'intégration de temporalités mixtes dans les éditeurs de notation musicale (temps pulsé/non pulsé, discret, continu...), un prototype d'objet/partition permettant la création et la visualisation de structures polyphoniques mixtes à partir d'objets existants a été élaboré dans l'environnement OpenMusic (OM5) par Carlos Agon et Jean Bresson. Le transfert de cet objet, baptisé *OMSheet*, sur OM6 s'est accompagné d'une révision générale du système de représentation et d'alignement temporel dans les objets musicaux dans OpenMusic, et d'un nouveau modèle de programmation visuelle à l'intérieur des éditeurs. Chaque objet *OMSheet* est attaché à un certain nombre de programmes visuels permettant de générer son contenu algorithmiquement ou d'établir des relations causales entre ses différentes parties. Ces programmes sont édités à côté de la partition, notamment à l'aide d'un objet (*sheet-access*) permettant d'accéder en lecture ou écriture aux contenus et autres paramètres de ses différents composants.



### Segmentation symbolique

La représentation de segments à l'intérieur des éditeurs musicaux est un pré-requis important à toute démarche d'analyse musicale assistée par ordinateur. Dans le cadre de la visite de Carlos Pérez Sancho (DLSI, Universidad de Alicante) et du développement d'une bibliothèque d'analyse harmonique semi-automatique basée sur les travaux du groupe de travail *Pattern Recognition and Artificial Intelligence* de l'université d'Alicante, une architecture a été mise au point par Carlos Agon et Jean Bresson pour intégrer la notion de segmentation dans les objets musicaux existants,

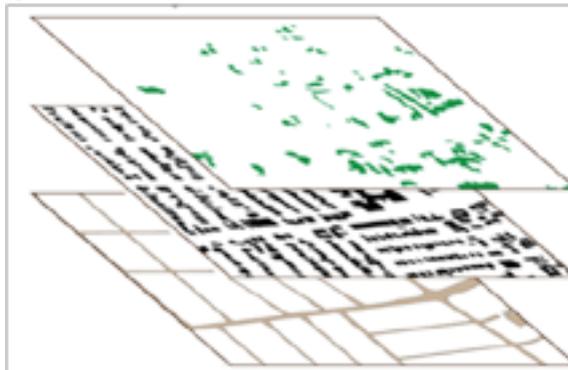
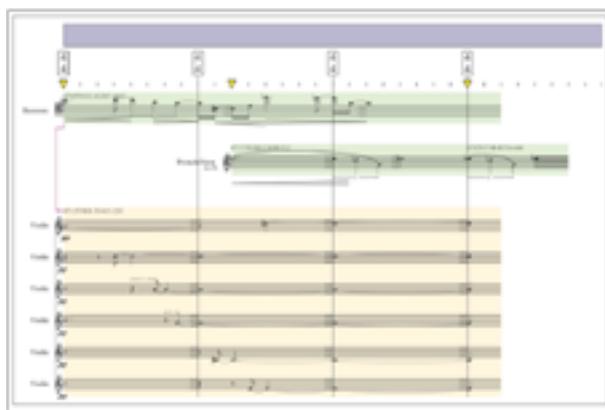
et permettre le développement de processus d'analyse sur celle-ci. Défini de manière abstraite par un sous-ensemble, un intervalle ou un repère temporel, ou même de manière fonctionnelle à partir du contenu d'un objet musical, le segment peut ainsi servir de support à une analyse ciblée de son contenu dans des applications d'analyse, mais aussi éventuellement comme support pour la quantification (par détermination de structures rythmiques ciblées sur des segments temporels). Ce système sera implémenté et intégré dans les versions futures de l'environnement OpenMusic.

### Meta-Editor

L'équipe a reçu Mika Kuuskankare comme chercheur invité pour l'année 2011. Ce chercheur réputé de l'académie Sibelius à Helsinki est un des co-auteurs de PWGL, l'autre grand logiciel de CAO avec OpenMusic. M. Kuuskankare a travaillé sur trois projets : le Meta-Editor, un éditeur de partitions multiples inspiré des Maquettes OpenMusic, le projet SUM (The Sonified Urban Masterplan) en collaboration avec Sara Adhitya, promotrice de ce projet et doctorante à l'EHESS, et l'extension PWGL/CataRT (avec l'équipe IMTR).

SUM traduit les représentations de la cartographie urbaine en structures sonores à l'aide d'un outil de « plan masse sonore » mis au point pendant le séjour (SUMTool). Une réflexion est en cours sur l'utilisation possible d'un tel outil pour le design sonore et le projet continuera dans l'équipe PDS.

Meta-Editor est un prototype d'éditeur dans lequel on arrange des partitions multiples le long d'une timeline globale. En ce sens, il s'apparente à la fois aux maquettes et à OM-sheet. Un des intérêts de cet outil est un export de la partition globale qualité professionnelle à l'aide de MusicXML ou de LilyPond.



### ■ Modèles de l'interaction

L'équipe s'intéresse aux modèles symboliques de l'interaction, c'est-à-dire aux représentations et aux contrôles qui font intervenir les descriptions de haut niveau de la musique ainsi que la mémoire à long terme pour une expérience plus musicale de l'interaction.

#### Reconnaissance et programmation temps réel synchrone

Ce travail effectué dans le cadre du projet MuSync concerne la recherche à la confluence de deux problématiques importantes en informatique musicale : la reconnaissance et l'extraction des données musicales en temps réel depuis un signal audio, et la programmation synchrone réactive pour l'écriture du temps et de l'interaction.

#### *Suivi de partition et reconnaissance temps réel*

En 2011, l'équipe a accueilli Nicola Montecchio (doctorant) pour étudier l'apport des algorithmes de décodage temps réel de filtrage particulière dans un cadre de suivi de partition et d'alignement temps réel audio. Ce travail a permis d'étendre le champ actuel du suivi de partition vers l'alignement d'un signal audio de référence sur un signal audio temps réel [Montecchio11a]. L'approche du filtrage particulière permet également de prendre en compte le décodage temps réel des « partitions ouvertes » où le choix d'avancement dans une partition musicale est donné aux musiciens. Nous avons étudié l'apport de cette approche à l'alignement temps différé dans le cadre des sessions d'enregistrement, en montrant la capacité de l'algorithme à organiser les sessions d'enregistrement dans un logiciel dédié de mixage audio en étant capable de détecter des régions d'intérêt [Montecchio11b]. Ce travail a permis d'améliorer le décodage du logiciel Antescofo (notamment pour les partitions ouvertes). Nous allons valoriser cet algorithme dans le cadre du mixage automatique en 2012.

#### *Programmation synchrone réactive*

La programmation synchrone est identifiée comme le pont nécessaire entre l'écriture musicale et la performance temps réel des partitions dans le domaine de la musique mixte.

En 2011, nous avons augmenté la sémantique du langage d'Antescofo en étudiant les stratégies de synchronisation lors de l'écriture pour un meilleur rendu au moment de l'exécution. Cette étude, menée dans le cadre d'un travail de Master, a proposé une sémantique formalisant ces stratégies tout en prenant en compte la gestion des erreurs temps réel (provenant de la reconnaissance automatique ou du musicien sur scène) [Echeveste11a]. Ces résultats ont été présentés à la communauté des langages réactifs synchrones [Echeveste11c] et ont été intégrés dans le langage d'Antescofo.

La thèse de José Echeveste (UPMC, dir. J.-L. Giavitto, encadrement A. Cont) entamée en septembre 2011 ambitionne d'étendre le langage synchrone dédié d'Antescofo, avec des résultats importants concernant l'intégration des variables flux. À plus long terme, le travail vise à comprendre et maî-

triser les relations temporelles entre les parties synchrones (e.g., flux audio) et asynchrones (e.g., événement de la partition) dans une œuvre interactive, et à proposer de nouvelles constructions, plus expressives, permettant d'explorer de nouveaux types de couplages et de nouvelles dimensions créatives dans l'interaction. Le travail de cette année a permis de mettre en place une nouvelle stratégie de synchronisation (TIGHT) et des stratégies de rattrapage en cas d'erreur. L'introduction de variables permettant d'exprimer des délais dynamiques (i.e., calculé au cours de l'interprétation) est en cours de développement.

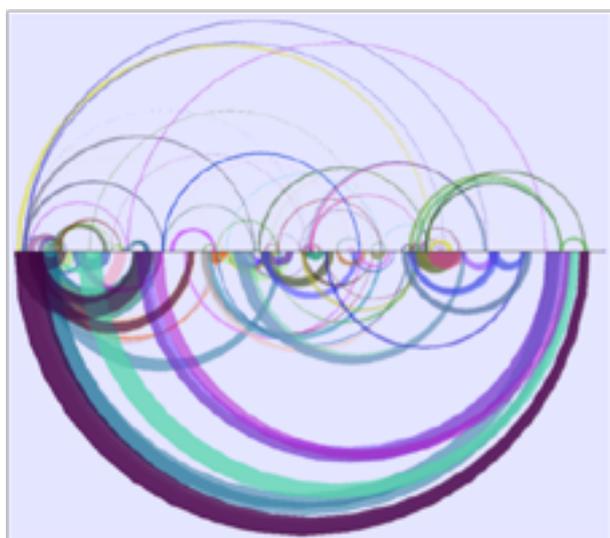
#### ImproTech/OMax/SOR2

*Thèse de Benjamin Lévy (EDITE), dir. G. Assayag, Période 2010-2013*

Ce projet ANR (2010-2012) regroupe outre l'Ircam, l'EHESS, l'ENS-Lyon, le CNSMDP et le Centre de recherche en ethnomusicologie de l'université Paris-Ouest. Il a pour objectif d'étudier l'impact des nouvelles technologies sur la création musicale du point de vue des savoirs mis en jeu avec un accent particulier sur les compétences liées à l'improvisation. L'équipe contribue en particulier, à travers les recherches autour du logiciel OMax qui capture des savoirs relatifs à la mémoire, la compétence motivique, l'hybridation des répertoires, les stratégies relatives à la temporalité et la complexité musicales. Une révision majeure du logiciel a été distribuée en 2010. Elle a, en 2011, ouvert sur plusieurs thématiques de recherches nouvelles explorées dans le cadre de la thèse de Benjamin Lévy, en particulier la recherche efficace de cibles définies au cours de la navigation du modèle, la constitution et la conduite parallèles de modèles multiples sur la même séquence d'entrée (modèles paramétriques basés sur la hauteur fondamentale, sur le timbre, sur les textures de hauteurs) induisant des segmentations différentes, l'amélioration du modèle formel de l'Oracle, ainsi qu'une première réflexion sur la représentation des structures rythmiques. Simultanément, un grand nombre d'ateliers et de master-classes, ont été organisés avec des partenaires comme le festival d'Uzeste, le CNSMDP, la compagnie Nine Spirit. L'organisation d'un grand événement impliquant les universités de New York et Columbia a été mis en chantier à l'automne 2011 en vue de la tenue d'une série de conférences-ateliers-performances à New York au printemps 2012, sur la thématique de l'improvisation en relation aux technologies numériques.

Un second projet ANR (SOR2, 2011-2013), auquel l'équipe participe avec d'autres équipes de l'Ircam, le CNSMDP et la société Univers Sons, conflue avec la recherche autour d'OMax en proposant un concept inédit d'augmentation du jeu d'un musicien par génération simultanée d'arrangement/harmonisation improvisés selon l'apprentissage d'un corpus. Le moteur formel d'OMax est mis à contribution dans ce cas sous contrainte de l'écoute continue de l'entrée sonore du musicien, de manière à créer un chemin cohérent, à la fois avec la logique du musicien et avec celle du corpus évoqué.

On parle alors de «résonance symbolique», le jeu du musicien faisant résonner/raisonner un corpus structuré et lui faisant rendre un enchaînement de textures ou d'harmonies, voire d'orchestrations, de la même manière que dans le signal une impulsion peut faire résonner un modèle de résonance et lui faire rendre des arrangements de fréquences. En 2011, l'infrastructure Matlab pour la constitution rapide de grands corpus d'apprentissage a été posée et un premier prototype en mode «note-à-note» a été réalisé. Dans le cadre de ce projet, une thèse de musicologie sera réalisée par Carine Bonnefoy au CNSMDP et Paris-4 sur les ponts entre l'orchestration symphonique et l'orchestration jazz, qui utilisera les prototypes de cette recherche tout en proposant des moyens de développer les corpus à analyser.



Créativité/Musique/Culture : analyse et modélisation de la créativité musicale et de son impact culturel

Programme ANR CreMusCult, période 2011-2013, coordinateur M. Ayari, en collaboration avec l'université de Strasbourg et l'équipe PDS. M. Ayari a collaboré avec l'équipe dans le cadre d'un Congé pour Recherche et Conversion Thématique (CRCT). Le projet CréMusCult s'articule sur trois approches complémentaires : analyse, perception et modélisation, autour d'une problématique commune centrée sur les stratégies performatives et cognitives de l'improvisation. Il s'agit d'interroger l'impact de l'oralité sur les rapports subjectifs à la création, à la perception et à la transmission des savoirs musicaux. Dans cette perspective, le musicien improvisateur joue son rôle en interaction étroite avec l'auditeur. Par le biais de processus de reconnaissance, en effet, ce dernier assimile à son tour le répertoire, consciemment ou non ; il en devient un relais, porteur d'un savoir nécessaire à l'acte créateur lui-même.

Pendant les six premiers mois du projet, des réunions de lancement ont été organisées avec les équipes partenaires (Ircam, Strasbourg U., Mc Gill U., et Jyväskylä U.) afin d'affiner les sous-thématiques complémentaires de recherche et de traiter des questions pluridisciplinaires

concernant les méthodologies utilisées par chaque équipe. Les deux tâches prévues pour le premier semestre (tâches (1) : «Anthropologie de l'oralité», et (3) : «Modélisation informatique») avancent conformément aux prévisions. Une première enquête de terrain a été lancée en Tunisie du 3 au 23 juin 2011. Des séances de travail et des échanges scientifiques avec nos partenaires français et étrangers ont permis :

- (1) de rendre compte de la spécificité musicale et anthropologique de notre terrain ;
- (2) de mettre en place un calendrier de travail avec des musicologues spécialistes sur le terrain et des musiciens improvisateurs de renommée internationale ;
- et (3) d'enrichir profondément notre compréhension sur les mécanismes de l'improvisation et l'implication du musicien-créateur à la musique dans le contexte de l'oralité.

Dans le cadre de cette mission, 12 entretiens avec des musiciens professionnels ont été filmés<sup>1</sup>. Les travaux d'analyse auditive et de modélisation cognitive de l'écoute (tâche (2)) peuvent être entrepris dès que des données en quantité suffisante seront rassemblées. Nous envisageons de mener des études expérimentales sur l'écoute, comme phénomène culturel, dans l'équipe PDS à l'Ircam en 2012. La tâche (3) de modélisation informatique s'est attelée à sa première phase, de modélisation informatique des heuristiques perceptives, des savoirs culturels et des processus d'interaction entre ces deux niveaux cognitifs. En particulier, nous avons poursuivi la modélisation des mécanismes cognitifs de compréhension de la structure musicale. La modélisation de l'heuristique de détection de parallélisme a été sensiblement simplifiée et améliorée. Une réflexion a été engagée concernant la généralisation de la modélisation culturelle à un large répertoire musical<sup>2</sup>.

Une version CréMusCult 0.01 sera bientôt, sur notre site internet, à la disposition des utilisateurs musiciens et musicologues. Un DVD interactif est en cours de réalisation et permettra à un large public – étudiants, musiciens, mélomanes amateurs – d'écouter et visualiser :

- les entretiens filmés avec des musicologues spécialistes de la tradition et des grands musiciens improvisateurs du secteur Méditerranéen ;
- les divers corpus musicaux (des musiques improvisées traditionnelles et modernes en format audio et MIDI) ;
- les démonstrations d'analyses spécifiques au corpus à divers degrés de pertinence structurelle.

Ce DVD contiendra également le modèle informatique pour l'analyse automatisée du corpus et d'autres pièces musicales du même style (le jazz modal, etc).

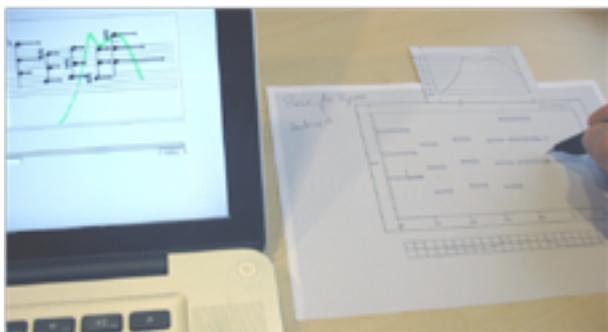
1. <http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/ayari/ANR/MissionTUNISIE/Programme.html>

2. voir : [http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/ayari/ANR/CreMusCult/Tache\\_3.html](http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/ayari/ANR/CreMusCult/Tache_3.html)

#### Papier interactif pour la composition musicale

Thèse Jérémie Garcia (Paris-11) période 2010-2013, dir. C. Agon et Wendy Mackay (In/Situ/ Inria)

Après avoir implémenté divers systèmes pour la génération de partitions instrumentales et électroniques, l'équipe Représentations musicales travaille actuellement sur un système de partition favorisant l'interaction directe entre la feuille de papier et l'ordinateur. Le papier interactif se base sur la technologie Anoto qui associe du papier pré-imprimé avec une trame de points et un stylo doté d'une caméra dans la pointe. L'analyse de la trame permet au stylo de se repérer de manière absolue sur un espace d'une surface équivalente à 60 millions de km<sup>2</sup>. La division de cet espace en pages permet au stylo de déduire la page utilisée et sa position précise sur celle-ci. Le but de ce projet est de comprendre les modalités d'expression sur le papier qui, associées aux systèmes informatiques, favorisent la création. Ce projet a commencé par une évaluation exploratoire avec des compositeurs à l'Ircam afin de mieux comprendre le rôle du papier dans le processus créatif. À partir de ces entretiens, nous avons réalisé des prototypes d'interaction pour tester la richesse et la souplesse du papier lors de l'expérimentation avec les logiciels OpenMusic et Max/MSP. Les recherches se poursuivent actuellement dans la création d'outils, avec la participation de compositeurs (Marc-Garcia Vittoria, Mika Kuuskankare, Mathieu Bonilla, Romain Debrie) pour la saisie et la manipulation de données musicales complexes sur le papier en interaction avec le logiciel OpenMusic.



## ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	2,5	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux	1	Akademie der Künste Berlin (ALL.)	Q <sup>re</sup> Diotima		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	3	Conférences avec comité de sélection	1	Internationaux		Association Jean Barraqué (FR.)	G. Aperghis		L. Francesconi
Doctorants	2	Ouvrages et chapitres	5	Contrats industriels		Bärenreiter (ALL.)	S. Gervasoni		
Stagiaires	1	Thèses de doctorat et HDR				CEAC Univ. Lille-Nord de France (FR)	J.-L. Hervé		
						CIRMMT (CAN.)	M. Jarrell		
						CRAL EHESS-CNRS (FR.)	K. Omura		
						HÉM/Cons. de Genève (C.H.)	B. Pauset		
						TechCICO UTT (FR.)	S. Sciarrino		
						Univ. de Montréal : Circuit, CRI, OICRM (CAN.)	M. Stroppa		

Responsable : Nicolas Donin

L'équipe Analyse des pratiques musicales développe une musicologie interdisciplinaire des œuvres et des pratiques musicales savantes contemporaines – de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle à aujourd'hui. Le programme de recherche de l'équipe porte en particulier sur la composition, l'interprétation et les dimensions collaboratives de la production d'œuvres en studio ; il fait appel à plusieurs branches de la musicologie et des sciences humaines ; il met l'ingénierie documentaire multimédia au service du discours spécialisé sur la musique ; il se concrétise par des publications scientifiques dans les différentes communautés intéressées, mais aussi par des réalisations pédagogiques, des prototypes d'applications, des éditions critiques de partitions et d'écrits musicaux, des courts-métrages documentaires, etc.

En 2011, l'activité est restée centrée sur un projet ANR dont nous sommes coordinateurs : *MuTeC - Musicologie des techniques de composition contemporaines* (appel d'offres SHS « La création : acteurs, objets, contextes »). Pour chacune des études coordonnées dans ce programme, les données recueillies en 2009-2010 ont été analysées et les thèmes d'analyse ont été discutés collectivement au cours de séminaires, débouchant, d'une part, sur une première série de publications, et, d'autre part, sur un événement majeur, l'organisation de la conférence internationale Analyser les Processus de Création Musicale/Tracking the Creative Process in Music (Lille, sept.-oct. 2011) où les communautés scientifiques de notre domaine ont été rassemblées pour la première fois dans un colloque dédié. La poursuite de nos recherches dans ce domaine est encouragée notamment par le succès récent du Labex « Création, arts, patrimoine » (dir. Philippe Dagen), dont l'équipe est l'un des partenaires en collaboration étroite avec le Centre de Recherche sur les Arts et le Langage (CRAL, EHESS/CNRS).

En parallèle, un effort particulier a été mené pour identifier de nouvelles problématiques à développer dans l'équipe, à travers trois actions : le montage de plusieurs projets ANR, l'accueil de doctorants étrangers pour des séjours d'étude, et l'animation d'un nouveau séminaire thématique à l'EHESS. Enfin, des événements publics notables ont permis de diffuser nos recherches récentes ; par exemple, aux festivals Musica (Strasbourg, oct. 2011) et Ultraschall (Berlin, janv. 2012), la création mondiale des partitions inédites de Barraqué éditées et commentées par Laurent Feneyrou chez Bärenreiter ; au Forum Le Monde Le Mans (nov. 2011), une conférence invitée de Nicolas Donin sur le temps dans la composition contemporaine (à paraître avec les actes dans la collection Folio, Gallimard).

### ■ Analyse des techniques compositionnelles

Programme : ANR SHS CREA ; période : déc 09-déc 11 ; coordinateur : Ircam (APM)

Le projet MuTeC est consacré à l'analyse des processus de composition dans leur relation avec un environnement technique (ou « atelier ») donné. Il porte autant sur des processus achevés (saisis « en temps différé » grâce aux traces de l'activité créatrice) que sur des processus en cours (suivis « en temps réel » par les partenaires du projet). Autour du programme initial se sont greffées de nouvelles études, soit internes à l'équipe (Fahrang/Murail, Feneyrou/Pauset), soit externes (collaborations avec la Haute École de Musique de Genève et la Haute École d'Art de Berne).

#### ...en temps différé

L'étude du processus de création de *Traiettorria* pour piano et électronique (1982-1988) de Marco Stroppa a été poursuivie en focalisant l'attention sur l'interaction « art/science », particulièrement déterminante chez Stroppa à travers des influences réciproques entre les savoirs scienti-

fiques (sciences cognitives, psychoacoustique, informatique fondamentale) et les savoirs musicaux issus de sa formation. Les thématiques de recherche suivantes ont été particulièrement approfondies : l'objectivation des caractéristiques du son à des fins compositionnelles, l'apport des connaissances scientifiques au processus créatif de Marco Stroppa de 1980 à 1991, et les processus de théorisation croissante de concepts compositionnels (notamment les « Organismes d'Information Musicale »). Enfin, l'étude exhaustive des nombreux documents de travail liés à *Traiettorìa* conservés par le compositeur a été finalisée, permettant de réévaluer la place charnière du deuxième mouvement (*Dialoghi*) dans le processus de construction de sa pensée compositionnelle, entre la phase initiale (*Deviata*) d'exploration et la phase terminale (*Contrasti*) de cristallisation de ses techniques d'écriture. Les recherches menées par F.-X. Féron sur la genèse du cycle *Les espaces acoustiques* (1974-85) de Gérard Grisey se sont poursuivies sur la base des données recueillies en 2010 à la Fondation Paul Sacher (Bâle) et auprès des collègues et collaborateurs du compositeur. Elles ont permis d'éclaircir de nombreux points, tant sur le langage compositionnel de Grisey que sur l'émergence des techniques spectrales :

- 1) précisions sur le parcours de Gérard Grisey, entre son entrée au CNSM de Paris en 1965 et la création d'*Épilogue*, vingt ans plus tard en 1985 ;
- 2) compréhension des stratégies et procédures compositionnelles ;
- 3) évaluation de l'impact du savoir en acoustique sur la mise en place de celles-ci ;
- 4) collaboration avec Michèle Castellengo sur l'analyse sonographique ;
- 5) analogies entre techniques d'écriture spectrales et sérielles. Ce dernier point est un apport essentiel de l'étude des avant-textes des *Espaces acoustiques*.

Enfin, plusieurs travaux doctoraux sur les musiques mixtes ont été incubés dans l'équipe. Le compositeur Alireza Fahrang a réalisé, comme cas d'étude dans le cadre de sa thèse (cotutelle Paris-IV/Columbia), une analyse du processus de création de *L'Esprit des Dunes* (basée sur des entretiens avec Tristan Murail) mettant en évidence le rôle des techniques de suivi de partiels dans l'émergence de la dimension mélodique pour cette œuvre et les suivantes. Noémie Sprenger-Ohana a engagé une série d'études de cas sur des pièces mixtes dans le prolongement de l'étude de *Traiettorìa* réalisée pour MuTeC. Miriam Akkermann, doctorante à l'université des Arts de Berlin accueillie grâce à une bourse du DAAD, a travaillé sur les méthodologies d'analyse des musiques mixtes basées sur un concept d'œuvre ouverte, ou à fort taux d'improvisation (œuvres de Karlheinz Essl, George Hajdu et David Wessel).

#### ...en temps réel

Le recueil de données « en temps réel » sur *Tobi-Ishi* de Jean-Luc Hervé (jardin sonore produit par l'Ircam dans le cadre d'une commande de la Mairie du 1<sup>er</sup> arr. de Paris) et

sur *Gramigna* de Stefano Gervasoni (cycle de miniatures en cours depuis 2009) a été mené à terme à travers une série d'entretiens complémentaires. Une reconstruction génétique détaillée du début de *Gramigna* a été rédigée, validée par le compositeur, et soumise puis acceptée dans la revue *Musicae Scientiae*.

Ces recueils de données ont permis d'étudier, dans le premier cas :

- l'influence des contraintes externes sur les premières moutures du projet artistique ;
- l'articulation entre l'intention esthétique et les « contraintes pragmatiques » propres aux technologies utilisées ;
- les contraintes sociales et technologiques comme obstacles et comme ressources pour la création.

Et dans le second cas :

- la génération et la mise en œuvre de règles d'écriture « à la volée » au début de l'écriture d'une pièce ;
- la distinction entre ces règles locales et des logiques compositionnelles de portée plus générale ;
- le rôle des métaphores extramusicales et des microprogrammes narratifs dans la construction d'une pièce au cours de son écriture.

Enfin, ces deux études ont permis d'observer un aspect méconnu des pratiques de composition contemporaines : le recyclage de procédés et de matériaux issus d'œuvres précédentes. Une typologie des modalités de reprise a été établie. Ces notions ont été spécifiées en fonction des cas étudiés (par exemple, chez Hervé, la reprise comme capitalisation sur l'expérience passée, et chez Gervasoni, comme élément d'une dialectique entre modernisme et postmodernisme au sein même des techniques d'écriture).

En complément des recueils de données effectués dans un cadre scientifique, nous avons poursuivi notre collaboration à la série de courts-métrages *Images d'une œuvre* coordonnée par le département Pédagogie et action culturelle, permettant de collecter sur le vif de multiples échantillons de situations et de pratiques musicales que nos travaux musicologiques n'auraient pas donné l'occasion d'observer. Cette année, Nicolas Donin et Benoit Martin (Année Zéro, Paris) ont réalisé deux films :

- *Luna Park* de Georges Aperghis propose une plongée dans le mode de travail collaboratif développé autour d'Aperghis dans le sillage de l'ATEM et des productions Ircam des années 2000 (*Machinations*, *Avis de tempête...*) ;
- à l'autre extrémité du spectre dramaturgique, *Quartett* de Luca Francesconi permet de suivre les différentes facettes de la construction d'une création opératique à la Scala de Milan, et d'appréhender le rôle assigné à l'électronique dans ce huis-clos d'après la pièce de Heiner Müller.

Enfin, Guillaume Boutard a effectué un séjour de trois mois en tant que chercheur invité, dans le cadre du programme d'échanges doctoral université de McGill/Ircam,

pour mener une analyse secondaire des données recueillies par l'équipe entre 2006 et 2008 sur le quatuor augmenté de Florence Baschet, *StreicherKreis*, avec un accent sur les interactions entre membres du collectif de recherche/création. Les résultats de l'étude, en collaboration avec les équipes IMTR et Production, ont été disséminés dans des journaux à comité de lecture à travers deux soumissions en décembre 2011 : d'une part, l'impact en terme de cadre documentaire d'analyse du processus compositionnel d'une œuvre mixte temps réel a été soumis au *Computer Music Journal* ; d'autre part, l'impact de ce cadre documentaire en termes d'archives des musiques mixtes à des fins de performance et d'analyse, et plus spécifiquement dans son lien aux modèles de préservation des données numériques, a été soumis à la revue *Archivaria*.

#### Thèmes transverses

L'un des buts du projet MuTeC était d'identifier des questions transverses à travers les différents processus créateurs analysés. Plusieurs thématiques ont émergé et donné lieu à élaboration collective. De façon globale, « planification synoptique » et « idéation heuristique » apparaissent comme les deux pôles entre lesquels se placent les différentes techniques compositionnelles considérées. Le premier terme désigne un mode de travail dans lequel un ensemble de paramètres de l'œuvre à venir sont distingués (par ex. hauteurs, intensités, harmonicités, ambitus, etc.) puis leurs évolutions respectives sont planifiées, définissant la forme de l'œuvre dans son ensemble. Le second terme correspond à la déduction de matériau en cours d'écriture (ou par esquisse) à partir de cellules, matrices, germes initiaux dont le développement produit, itérativement, la forme. L'approche physicaliste de Grisey ou Murail s'inscrit bien dans le pôle de planification synoptique mais les techniques d'écriture de la seconde génération spectrale (par ex. Hervé, Leroux), ou de compositeurs comme Stroppa, hybrident nettement les deux pôles. Nous avons concentré plusieurs analyses sur ces généalogies spectrales autour du thème de la « (dé) composition » (l'intégration d'un moment analytique d'objectivation acoustique du son à la démarche compositionnelle), débouchant sur une publication collective dans *Contemporary Music Review*, également en lien avec une journée d'étude organisée par F.-X. Féron et le LAM : « Musique et acoustique : nouvelles approches de la composition musicale aux XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles » (CDMC, 3 mai 2011). D'autres thèmes d'analyse, encore en cours, sont : la « mise en cycle » d'un projet d'œuvre ; les processus de conscientisation et de formalisation de techniques d'écriture émergentes ; la créativité dans la reprise de procédés, technologies et matériaux ; une critique des catégories documentaires usuelles décrivant le processus créateur (brouillons, esquisses, etc.).



#### Bilan de « Tracking the Creative Process in Music »

Le colloque international TCPM2011<sup>3</sup> (Tracking the Creative Process in Music) co-organisé par le CEAC (université de Lille-3), la MESHS (Maison Européenne des Sciences de l'Homme et de la Société) et l'Ircam, s'est tenu les 29, 30 septembre et 1<sup>er</sup> octobre 2011. L'objectif était de réunir pour la première fois des chercheurs d'origines disciplinaires différentes travaillant sur les processus de création musicale. Ce colloque fait suite aux premières initiatives dans le domaine de la génétique musicale, avec les colloques d'Urbana (en 2007) et de Paris (en 2008), dont l'équipe était déjà co-organisatrice.

Les réponses à l'appel à communications ont été nombreuses (104 propositions, dont 41 full papers sélectionnés) et le colloque a permis de réunir un public de 105 personnes pour entendre 53 communications individuelles. De nombreux doctorants et post doctorants ont participé (comme orateurs ou auditeurs), prouvant le caractère très actuel de ces études. Les communications ont été regroupées en 9 sessions parallèles couvrant un large spectre des études possibles dans ce domaine : enquêtes sociologiques ; méthodes d'enquêtes historiques et empiriques, remontages ; l'opéra reconstruit ; création/citation/appropriation ; analyser les processus compositionnels de la modernité ; analyser les processus créateur des traditions orales ; compositeurs et interprètes ; figures de l'interprète, expérimenter/analyser les pratiques improvisatoires ; méthodologie du musicien réflexif ; ethnomusicologie des pratiques créatrices contemporaines ; de l'enregistrement à l'archive ; processus créateurs en studio. Ces communications (traduites simultanément français/anglais – anglais/français) ont été accompagnées de :

- deux keynotes (William Kinderman : « Genetic Criticism as an integrating Focus for Musicology and Music Analysis » et Pascal Decroupet : « Génétique – théorie – histoire – esthétique ») ;

3 <http://tcpm2011.meshs.fr/>

- une session thématique « MuTeC » (première grande présentation publique de nos résultats) ;
- une table ronde « Analyse des processus créateurs et recherche en art » avec les représentants de plusieurs grands programmes de recherche/création en Conservatoire et à l'université ;
- enfin, un concert-rencontre autour de quelques œuvres de Marco Stroppa, avec la participation de Florent Boffard et du compositeur.

L'objectif visant à faire connaître les travaux les plus récents et à faire dialoguer des méthodes spécifiques a largement été atteint, et a rendu nécessaire la pérennisation de ces rencontres. Pour ce faire, le principe d'une conférence TCPM tous les deux ou trois ans a été admis (les éditions 2013 et 2015 sont en discussion). Enfin, la captation vidéo de l'intégralité de l'événement est mise en ligne progressivement sur les sites de l'université de Lille-3, de la MESHS et sur ressource.ircam.fr

#### Chantiers éditoriaux associés

Deux nouveaux projets éditoriaux ont émergé au sein de cet axe de recherche, s'ajoutant à deux autres en cours :

- numéro thématique de *Contemporary Music Review* rassemblant les résultats des études sur Grisey et Stroppa, ainsi que des articles de Ph. Lalitte sur Varèse et L. Zatra et al. sur Nono : *(De)composing Sound* (N. Donin, ed.), vol. 30, n° 5, à paraître au premier semestre 2012 ;
- projet d'un recueil anthologie de textes auto-analytiques de compositeurs à travers le XX<sup>e</sup> siècle. Cette anthologie commentée réunira un ensemble de textes rares (inédits, rares et/ou non encore traduits en français). L'ouvrage, préparé par N. Donin en collaboration avec R. Campos, M. Kaltenecker et A. Poidevin, à paraître aux éditions Droz, vise non seulement à faire connaître des démarches historiquement méconnues, mais aussi à alimenter les débats et réflexions actuels sur la recherche en art, ses méthodes et sa pédagogie ;
- la préparation du volume *Genèses musicales* (N. Donin, A. Grésillon, J.-L. Lebrave, eds.) s'est poursuivie par la finalisation d'une partie des chapitres et la refonte du sommaire ;
- la préparation des deux volumes *Théories de la composition musicale au XXe siècle* (N. Donin et L. Feneyrou, eds.) s'est poursuivie en vue d'une publication au dernier trimestre 2012.

#### ■ **Technologies web et musicologie**

##### Développement du framework de MuTeC

L'année 2011 a été l'occasion de consolider les développements du framework de MuTeC, nommé « PACOME » (Parcours dans un Corpus de Médias musicaux).

Le modèle de données a été stabilisé, et les possibilités d'évolution envisagées par l'utilisation de l'application tierce *south*, adaptée aux migrations du schéma de données. Ce

modèle a également été simplifié : l'utilisation de bibliothèques de transcodage de données *ffmpeg* et *sox* côté serveur a permis de se passer du typage des documents dans l'interface utilisateur. L'annotation de médias temporels n'a plus besoin que des informations de *time in* et *time out*, l'annotation spatiale se fait entièrement dans le format standard SVG. Ce modèle, à première vue très simple, permet cependant de manipuler une multitude de contextes d'utilisation et de publications différentes des documents importés, annotés et reliés grâce à cet outil.

L'interface utilisateur a été simplifiée et l'utilisation des technologies Ajax optimisée. L'importation de médias simples ou sous forme de collection ne nécessite plus que deux champs à renseigner de la part de l'utilisateur :

- le chemin vers le fichier, quel que soit son format puisqu'il sera par la suite transcodé dans des formats lisibles sur le web 'version HTML5' ;
- le nom qu'il veut lui attribuer dans son espace utilisateur, bien que ce dernier soit facultatif, et possiblement généré à partir du nom du fichier.

La vue permettant l'annotation conjointe de *n* médias tire parti :

- des fonctionnalités proposées en standard par le framework *Django* pour la génération automatique des formulaires web ;
- des applications tiers *Djaxice* et *Djax* (ainsi que du Framework JavaScript *jQuery*) ;
- pour la concordance entre les formulaires et les *widget* d'annotations de médias utilisés ou développés à l'intérieur du framework PACOME.

Ces évolutions de l'interface utilisateur vont dans le sens d'une garantie de la cohérence des données et de l'optimisation des développements des couches supérieures de l'application. Ainsi, le développement de plug-in en JavaScript, permettant la création d'interfaces utilisateurs complexes pour l'annotation de médias temporels, se trouve réduite au développement d'une interface graphique et d'une interface événementielle standardisée avec un formulaire web. Une première externalisation de tels plugins JavaScript a été mise en œuvre sous la forme d'une librairie *timeline-js* permettant la navigation et la représentation de segmentations dans des fichiers temporels.

Enfin, le processus de développement de PACOME a été amélioré, en collaboration avec le Service Informatique. Nous avons mis en place un déploiement proche des notions d'intégration continue : code source sous *git*, déploiement à l'aide de script *puppet* pour le serveur et *fabric* pour le code source de l'application.



#### Contributions aux sites institutionnels Répertoire, Brahms, Images d'une œuvre

Notre collaboration avec les départements MRC et PAC s'est poursuivie respectivement à propos des bases de données Répertoire et Brahms, sur les plans à la fois technologique et éditorial. Outre les améliorations de Brahms (développement de 2 skins, amélioration de l'entrepôt pour le Portail de la Musique Contemporaine), des prestations de développements web ont été assurées pour le département R & D (sites SOR2 et DAFx).

#### État de l'art «audio & web»

Une veille sur les tendances technologiques de l'audio dans le contexte d'HTML5 a été réalisée par Samuel Goldszmidt. La spécification Web Audio API, discutée à l'intérieur du Web Audio Working Group du W3C a pour objectif de définir une interface de script côté client pour donner aux navigateurs des possibilités avancées de manipulations et traitements de l'audio. Cette spécification, aujourd'hui encore à l'état de *draft*, rend possible en particulier des traitements audio temps réel développés en Javascript, dans le navigateur, même si des questions de performances (particulièrement des moteurs JavaScript) se posent par rapport à du code natif en C/C++.

Cette veille a débouché sur le dépôt d'un projet ANR ContInt intitulé WAVE (Web Audio Visualisation/Edition), actuellement en instance de financement, qui vise à formaliser de nouveaux moyens d'édition, de visualisation et d'interaction avec des objets temporels audiovisuels diffusés sur le web. Il donnerait lieu à la conception et au développement de briques logicielles concernant les interfaces et interactions utilisateurs, les interfaces audionumériques, les interfaces clients/serveurs, et leurs échanges de données. Ces différentes briques logicielles seraient issues de l'analyse de pratiques musicales expertes confrontées à des usages

ordinaires d'applications et standards du web, dans le but de proposer des cas d'usages innovants (particulièrement pédagogiques et artistiques). Par ailleurs, dans un contexte web protéiforme et en évolution technologique ultra-rapide, c'est aussi l'intégration avec d'autres API du W3C (MediaStream, MediaFragments, MediaAnnotation, WebRTC, HTML5, ...) de l'audio web API que nous avons proposée dans le projet WAVE.

#### ■ Histoire et esthétique des musiques contemporaines

##### Le temps chez Zimmermann

Poursuivant les recherches autour du *Requiem pour un jeune poète* et de l'œuvre de Zimmermann, L. Feneyrou a édité deux entretiens (en cours de publication), l'un avec S. von Schablowzsky, veuve du compositeur, l'autre avec K. Boehmer (sur la vie musicale à Cologne entre 1958 et 1965, dominée par les figures de Stockhausen et Zimmermann), et a entrepris une étude développée des sources bibliques (*Ecclésiaste*, *Apocalypse*), musicales et musicologiques (*Traité d'harmonie* d'E. POUND, ... *comment passe le temps* de K. Stockhausen, théories de M. Hauptmann) et philosophiques (Saint-Augustin, Husserl et Heidegger, mais aussi quelques représentants de la philosophie allemande néo-kantienne et phénoménologique, auxquels Zimmermann a explicitement emprunté : Volkelt, Conrad-Martius, Weizsäcker, Heimsoeth...) de la philosophie du temps de Zimmermann, aboutissant à une exégèse ligne à ligne de l'essai *Intervalle et temps* et des principaux articles



du compositeur relatifs à ces questions.

##### Édition critique de partitions inédites de Jean Barraqué

Après l'édition de la *Sonate pour violon seul*, à l'initiative de R.-M. Janzen, exécutrice testamentaire de J. Barraqué, et avec le soutien de l'Association Jean Barraqué sous la présidence de M. Fano, L. Feneyrou a poursuivi l'édition (introduction, partition et appareil critique) d'œuvres de jeunesse de Barraqué : un chœur religieux *a cappella* (*Ecce videmus eum*), une mélodie latine pour voix et piano ou orgue (*Adoro Te*), une cantate d'après P. Eluard, pour flûte, clarinette basse, percussion, chœur, contralto et piano (*La nature s'est*

*prise aux filets de ta vie*], ainsi que douze mélodies de jeunesse : *Mélodie pour un enfant* (sans texte), *Trois Mélodies* (J. de Gombault, E. Durand et Pontus de Thyard), *Petit Chanson pour Gravigny* (G. Blond), *Deux Mélodies sur des poèmes de Paul Valéry*, *La Porte ouverte* (P. Eluard), *Les nuages s'entassent sur les nuages* (R. Tagore) et *Trois Mélodies* (extrait du *Cantique des cantiques*, Ch. Baudelaire, A. Rimbaud). L. Feneyrou a aussi collaboré à l'édition critique du *Quatuor à cordes*, réalisée par M. Töpel. Ces œuvres, avec *Cinq Pièces pour piano*, en cours de publication chez Bärenreiter, ont été créées à Strasbourg (Musica) et/ou à Berlin (Ultraschall), et feront l'objet d'un double CD. Le travail éditorial s'accompagne de la rédaction d'articles achevés (article scientifique sur les mélodies, entrée Barraqué de la base Brahms, notices de vulgarisation...) et d'autres en cours de rédaction.

#### Entre esthétique et technologie

##### *Le « geste » comme catégorie compositionnelle*

Nicolas Donin a mené une recherche exploratoire sur la généalogie et les formes actuelles de la notion de geste en tant que catégorie compositionnelle. Un nombre croissant de compositeurs revendique cette notion préférentiellement à celles de « motif », « thème », ou « figure », pour décrire des unités élémentaires de leurs œuvres. Cette recherche exploratoire a débouché sur le montage d'un projet ANR en collaboration avec le laboratoire RITM de l'université de Nice, en cours de soumissions, et sur la mise en place d'un nouveau séminaire à l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales (en collaboration avec Rémy Campos) : « Le geste musical entre composition, interprétation et perception ».

##### *Illusions auditives et création musicale*

Les illusions perceptives représentent un point de convergence entre les sphères scientifiques et musicales : elles suscitent d'une part l'intérêt des chercheurs car elles révèlent la complexité des mécanismes de la perception ; elles sont d'autre part explorées par les artistes car elles produisent des sensations incongrues et souvent inouïes. Le 17 mars 2011 s'est tenu au CIRMMT (Montréal) un workshop sur les illusions auditives initié par F.-X. Féron et co-organisé avec Catherine Guastavino (McGill University). Durant ce workshop, R. Mountain, F.X. Féron et J.-C. Risset ont exposé leurs recherches (musicale ou scientifique) dans le domaine des illusions auditives. Une table ronde a ensuite été animée par C. Guastavino durant laquelle acousticiens, psychologues, musicologues, interprètes et compositeurs – parmi lesquels Albert Bregman, Steve McAdams, John Rea, Sean Ferguson – ont interrogé les problèmes terminologiques (qu'est-ce qu'une illusion ?) et de la place des phénomènes illusoire dans les pratiques musicales.

##### *Questions de synchronisation*

Un projet éditorial commun aux revues *Circuit : Musiques Contemporaines* et *Intermédialités : Histoire et théorie des arts, des lettres et des techniques* (Presses Universitaires

de Montréal) a été lancé par Philippe Despoix (UdeM) et Nicolas Donin autour de la question de la synchronisation dans les arts. La synchronisation est notamment un enjeu de composition musicale : comment agencer des entités musicales (concrètes ou notationnelles) de façon à ce que leur ensemble dessine un même cadre temporel ? Elle est aussi l'horizon quotidien de l'exécution de toute musique de chambre ou d'ensemble. Ces deux aspects de la synchronisation (composition et exécution) ont été l'objet d'une remise en cause au cours des années 1960 par les musiciens expérimentaux et/ou d'avant-garde ; c'est dès lors un idéal de désynchronisation (et parfois de resynchronisation) qui a régulé de nombreuses démarches de création musicale. Avec les développements ultérieurs de l'informatique musicale, et notamment les tentatives de conformer les traitements audio numériques du son à la temporalité de l'exécution par des humains, la question de la synchronisation est redevenue un problème à résoudre. S'y est ajouté l'horizon d'une intégration technologique multimédia dans laquelle les différentes disciplines artistiques sont prises dans des relations de synchronie, potentielle ou effective. Pour explorer ces questions, une série d'articles a été commandée à des historiens, musicologues, historiens de l'art et du cinéma, psychologues, informaticiens, en vue d'une parution conjointe de numéros thématiques des deux revues courant 2012.

##### Édition d'écrits de compositeur

Avec G. Giacco, et après des recherches effectuées par l'un et/ou l'autre dans les archives privées du compositeur et à la Fondation Paul Sacher, L. Feneyrou a traduit *Origine des idées subtiles*, principal texte de S. Sciarrino, d'après des notes destinées à son enseignement de la composition à Città di Castello et où s'exprime sa poétique. Précédée d'une introduction générale à l'œuvre de Sciarrino (L. Feneyrou), suivie d'une contextualisation du texte et d'une discographie (G. Giacco), cette traduction fait l'objet d'un livre (en cours de publication) et précède l'édition d'un choix conséquent d'écrits du compositeur.

## ÉQUIPE INTERACTIONS MUSICALES TEMPS RÉEL

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	2	Nationaux et régionaux	4	Grame, F McGill, CA CNMAT, USA BEK, N IEM, A ENSCI, F Orbe, F UserStudio, F LIMSI, F Navidis F STEIM, NL, Atelier des Feuillantines, F Da Fact - F Voxler, F -NoDesign F - Cycling'74, USA - Phonotonic, F Goldsmiths, UK Columbia University, USA KTH, S	M. Suarez Cifuentes ; L. Pagliei F. Baschet, G. Aperghis, A. Einbond, Ch. Trapani, E. Greco M. Kimura., B. Hackbarth, C. Graupner, F. Leibovici, E. Gibello, F. Blondy, F. Tartinville, V. Johnson, M. Vitoria, A. Cera		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	3	Conférences avec comité de sélection	16	Internationaux	0				
Doctorants	7	Ouvrages et chapitres	4	Contrats industriels	1				
Stagiaires	3	Thèses de doctorat et HDR	1						

Responsable : Frédéric Bevilacqua

L'équipe Interactions Musicales temps réel (IMTR) mène des recherches et développements sur les systèmes interactifs dédiés à la musique et au spectacle vivant, suivant quatre axes principaux :

- *analyses et modélisation de données sonores et gestuelles*, regroupant nos recherches théoriques ;
- *systèmes de captation*, concernant nos développements de systèmes matériels : interfaces gestuelles et transmission sans fil ;
- *synthèse et traitement sonore interactif*, regroupant nos développements sur les méthodes de synthèse basées sur des contenus enregistrés ou corpus ;
- *systèmes interactifs basés sur le geste*, regroupant nos projets mettant en œuvre des dispositifs complets (captation du geste et synthèse).

Concernant nos travaux théoriques, nous avons poursuivi nos recherches sur la modélisation des morphologies temporelles. Nous prenons en compte des niveaux temporels différents, d'un niveau *micro*, correspondant à l'échelle de l'échantillon gestuel jusqu'à un niveau *macro*, correspondant à des phrases complètes. Chaque niveau a fait l'objet d'études spécifiques et a de nouvelles approches computationnelles. En particulier, l'utilisation du filtrage particulière a permis d'améliorer le « suivi continu » (niveau temporel *micro*), alors que l'utilisation de Modèles de Markov Hiérarchiques généralise nos travaux sur les modèles segmentaux (niveaux temporel *macro*). Nous avons également approfondi nos travaux sur les relations geste-son, les phénomènes de co-articulation et la caractérisation des qualités de mouvement. Ces différents travaux sont intégrés dans des systèmes interactifs, croisant des problématiques émergentes de la communauté IHM (Interfaces Hommes Machine), comme l'utilisation de gestes expressifs continus ou l'apprentissage automatique interactif.

D'un point de vue applicatif, deux projets ont été finalisés en 2011, *Interlude* (ANR) et *Urban Musical Game* (Festival Agora et Futur en Seine), dont les résultats positifs ont accru la visibilité et la reconnaissance de l'équipe à un niveau international (entre autre le 1<sup>er</sup> Prix Guthman, exposition au MoMa). Ces projets intègrent nos travaux sur les systèmes de captation de mouvements et nos développements logiciels sur l'analyse gestuelle et la synthèse interactive (dont MuBu). Le projet ANR *Topophonie* (aussi présent à Futur en Seine) a renforcé nos recherches et développements sur la synthèse de textures sonores utilisant des corpus, en favorisant un contrôle de haut niveau. Ce projet a également renforcé notre positionnement international, par exemple par une forte présence dans le colloque DAFx.

Globalement, ces projets ont fait fortement progresser nos développements logiciels vers un environnement cohérent permettant de construire de manière modulable des applications d'interactions gestuelles avec des sons enregistrés (bibliothèques IAE, MuBu, gf, ZsaZsa, RTA, IrcamDescriptors).

Notons enfin l'acceptation de nouveaux projets, et en particulier le démarrage du projet ANR blanc *Legos*, coordonné par l'équipe, permettant d'appréhender des problématiques d'évaluation de l'apprentissage sensori-moteur dans des systèmes interactifs sonores basés sur le geste. Ce projet établit de nouvelles collaborations extérieures (Paris Descartes) et renforce les collaborations internes avec les équipes PDS, Ac. Inst. et EAC.

L'acceptation du projet *Physis* à l'appel ContInt de l'ANR permettra la poursuite des recherches et la réalisation de nouvelles applications dans le domaine de la synthèse de textures sonores.

## ■ Analyse et modélisation de données sonores et gestuelles

### Reconnaissance des morphologies temporelles et segmentation

Nos applications sur l'interaction musicale nous amènent à considérer plusieurs types de données sonores et gestuelles. Cependant, quel que soit le type de données, le développement temporel du flux de données, que nous appelons morphologie temporelle, doit être pris en compte.

Nous avons tout d'abord focalisé nos recherches sur la structure temporelle fine des signaux (structure micro). L'objectif était l'adaptation de caractéristiques gestuelles pour la reconnaissance et le suivi. L'étude a été menée dans le cadre de la thèse de Baptiste Caramiaux. L'adaptation des caractéristiques offre de nouvelles possibilités pour le contrôle continu et expressif de médias numériques, l'expressivité étant entendue à la fois en lien à la sémantique du geste (le signe) et la manière dont il est effectué. La modélisation repose sur un modèle à états continus modélisant la structure dynamique des profils temporels des caractéristiques gestuelles. Comme dans le cas du suivi de geste, un seul exemple est utilisé par référence gestuelle. L'inférence est effectuée par filtrage particulaire et plus précisément, avec une extension de l'algorithme condensation. La méthode se montre plus précise pour l'alignement temporel que le suivi de geste (basé sur des modèles de Markov). En outre, nous montrons qu'il est possible d'estimer les angles de rotation dans l'espace 3D, l'amplitude et un offset.

Ces travaux considèrent le geste comme une trajectoire continue et indivisible. Il est cependant nécessaire de représenter également le geste et le son comme des séquences d'unités. Du point de vue gestuel, il s'agit de segmenter le mouvement en identifiant des « primitives » gestuelles. Afin d'améliorer le processus de segmentation en temps réel, des modèles spécifiques ont été étudiés, tel que le modèle de Markov hiérarchique ou le modèle segmental, qui apportent une représentation à haut niveau de l'enchaînement de segments gestuels. Une étude comparative de ces deux modèles tend à favoriser le modèle hiérarchique, utilisable en temps réel et plus souple dans l'identification du développement temporel du geste. Cette étude se poursuit dans le cadre de la thèse de Jules Françoise, en focalisant sur deux enjeux principaux : l'aptitude à caractériser la coarticulation et l'utilisation de ce haut niveau de contrôle pour l'interaction avec des contenus musicaux.

### Étude des relations entre gestes et sons

Ce travail correspond aux études expérimentales effectuées pendant la thèse de Baptiste Caramiaux. Le but général de ce travail est de mettre en lumière les différentes stratégies de relation qu'il peut exister entre gestes et sons lorsque le geste est effectué, de manière synchrone, à l'écoute d'un son. Nous avons mené une expérience conjointement entre l'équipe IMTR et PDS. Divers sons environnementaux ont été choisis de sorte qu'ils puissent être séparés en deux corpus

distincts : des sons dont la cause est très bien identifiable (sons causaux) et des sons dont la cause n'est pas identifiable (sons non-causaux). Nous avons montré que la description (faite par les participants) des sons causaux était (de manière consistante) sémantique (description de l'action qui a causé le son) alors que pour les sons non-causaux, la description était acoustique (la description sémantique étant souvent liée à une métaphore). En outre, les gestes associés par les participants étaient plus variables dans le cas causal (où les participants mimaient l'action causant le son avec leur geste) que dans le cas non-causal (où les participants suivaient certains descripteurs acoustiques). Une étude plus approfondie, en collaboration avec l'université d'Oslo, a montré, dans le cas non-causal (donc une relation « acoustique » entre geste et son), l'effet de certains descripteurs audio sur la réponse gestuelle : une hauteur perçue était corrélée à un mouvement vertical ; une intensité perçue était corrélée à la vitesse (absolue) du mouvement alors qu'une brillance était aussi associée à une position (verticale et horizontale). Ces études apportent des fondements expérimentaux de la relation geste – sons qui sont pertinents pour la conception d'instruments de musique numériques et d'installations interactives.

### Structuration multi-échelles automatique et semi-automatique de signaux pour l'exploitation de corpus sonores

Le but du travail de thèse de Janis Lallemand est d'établir un lien entre les problématiques d'organisation de bases de données sonores et de production de contenus sonores pour l'industrie et la création multimédia. Les applications visées sont la représentation et l'exploration (par exemple par requête) de bases de données, ainsi que la synthèse de sons. La synthèse sonore par corpus est un candidat prometteur pour la production de contenus à partir de corpus sonores de types très variés, actuellement limitée par l'utilisation d'une représentation linéaire des contenus comme séquences de segments. La problématique correspondante concerne la découverte d'une représentation multi-niveaux d'une information de type signal, dans le cas où les entités élémentaires composant les signaux ne sont pas connues a priori.

Dans un premier temps, nos efforts se sont concentrés sur la classe des signaux de type texture sonore. Il existe actuellement peu de méthodes pour évaluer la similarité de deux textures sonores. Nous avons étendu des méthodes développées dans le domaine de l'image aux signaux audio. Cet outil permettra d'évaluer la qualité des résultats obtenus par resynthèse.

### Étude du geste instrumental et de la coarticulation

Nous avons poursuivi nos travaux sur l'analyse et la modélisation des profils temporels des variables utilisés pour le contrôle du son de la trompette (thèse Tommaso Bianco). Nous avons étudié l'effet de plusieurs paramètres en relation avec la production sonore, dont la pression intra-orale, de la force des lèvres sur l'embouchure et de mesures mus-

culaires. En particulier, nous avons cherché à identifier les principales sources de variations d'une unité gestuelle isolée – visant à la production ou le contrôle d'un événement sonore – lorsqu'il est incorporé dans une séquence d'unités

Ces résultats ont permis de mettre en évidence l'influence de l'enchaînement des sons sur certains paramètres de contrôle et de modéliser leurs évolutions temporelles. Les simulations de cette modélisation ont montré une bonne corrélation avec les courbes expérimentales. En parallèle, une étude a été menée sur diverses modalités de contrôle gestuel qui pourraient être utilisées dans le cas d'un modèle physique de trompette. Ces études ont amené à définir des « mapping » aptes à gérer des variations spatio-temporelles à l'intérieur de la même typologie de contrôle. L'intégration de ce travail dans le cas de la synthèse par modèle physique de la trompette devrait permettre d'en améliorer le rendu sonore.

#### Reconnaissance du geste et « qualité de mouvement »

Le travail de thèse de Sarah Fdili Alaoui en collaboration avec le LIMS permet de poursuivre nos recherches sur la reconnaissance du geste dans le cas de mouvements dansés et d'ouvrir à de nouveaux sujets tels que le contrôle gestuel temps réel de rendu graphique par modèles physiques.

Dans un premier lieu, au travers de l'installation pédagogique *Double Skin Double Mind (DSDM)*, nous avons conçu un système d'analyse de mouvement basé sur un vocabulaire gestuel défini par la compagnie Emio Greco | PC permettant le contrôle temps réel d'un retour visuel et sonore. Le rendu graphique est basé sur des modèles physiques masses ressorts. En particulier, une stratégie de contrôle spécifique a été développée afin d'établir des correspondances de haut niveau entre les mouvements du danseur et le rendu graphique. Ce travail a permis de formaliser une approche qui prend en compte des « qualités de mouvement » dans l'analyse du mouvement dansé.

Par la suite, un formalisme IHM (Interfaces Homme Machine) est proposé pour prendre en compte « les qualités de mouvement » comme modalité d'interaction en entrée. Pour illustrer cela, une technique d'interaction a été implémentée avec Baptiste Caramiaux où un retour visuel réagit à un ensemble de qualités de mouvement reconnues en temps réel. Cette fois-ci, la modélisation des qualités de mouvement se fait au travers de la caractérisation de la dynamique du mouvement, donc de l'évolution temporelle de certains paramètres gestuels. Dès lors, les modèles physiques masses ressorts permettent de différencier certaines dynamiques (oscillatoires/amorties) et permettent la reconnaissance temps réel des qualités sous-jacentes.

En parallèle de la reconnaissance du geste dansé et des qualités de mouvement, nous avons établi au travers d'une collaboration avec Marion Cavaillé, danseuse du Ballet National de Marseille, des stratégies de contrôle gestuel temps réel de rendu graphique par modèles physiques masses ressorts massifs (plus de 100 000 masses et ressorts).

Les perspectives futures, consistent à lier les aspects d'analyse de qualités de mouvement par modèle physique masses ressort et le contrôle de masses ressort pour la synthèse. Ceci pourrait être dans le but d'établir des stratégies de contrôle automatique de haut niveau liant les dynamiques analysées et synthétisées.

#### Apprentissage automatique interactif

Le travail de thèse de Bruno Zamborlin, mené en co-encadrement avec l'université Goldsmiths (Royaume-Uni), se focalise sur l'utilisation de techniques d'analyse et reconnaissance de geste continu dans un cadre HCI (*interaction homme machine*) en utilisant des accéléromètres et des microphones piézoélectriques.

Au travers de retours visuels et sonores en temps réel, l'analyse de geste sert comme guide pour l'utilisateur non-expert pour arriver à définir son propre langage d'interaction (*interaction définie par l'utilisateur*).

Une partie importante de ce travail est focalisée sur la réalisation d'interfaces logicielles ad-hoc et l'évaluation de ces techniques avec différents types des utilisateurs experts (notamment la collaboration avec le compositeur Lorenzo Pagliei et le percussionniste Daniel Ciampolini) et non-experts (workshops à l'université d'Edinburgh et à celle de Goldsmiths).

#### Théorie des graphes pour l'improvisation assistée par ordinateur

Ce travail de thèse [F. Maniatakos] est effectué en collaboration avec l'équipe Représentation musicales. Nous référons le lecteur à leur section pour une description détaillée.

### ■ Systèmes interactifs basés sur le geste

#### Projet Interlude

*Programme : (ANR ContInt) ; période : déc 08-juillet 11 ; coordinateur : Ircam*

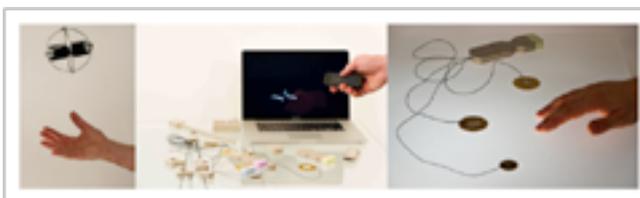
Le but du projet Interlude était de développer des systèmes interactifs permettant une exploration gestuelle de contenus musicaux enregistrés. Ce projet ANR, coordonné par l'Ircam, intègre divers aspects de recherche et développement de l'équipe IMTR (logiciel et matériel), dont les systèmes de captation sans fil et la synthèse et le traitement sonore interactifs (cf. les sections y faisant référence). Les retombées attendues concernent à la fois la création artistique, la pédagogie musicale et le domaine des jeux musicaux. Plus généralement, ce projet vise une communauté d'utilisateurs en plein essor, composée aussi bien de professionnels que du grand public, qui s'intéresse à une utilisation gestuelle et expressive des nouveaux outils numériques.

Ce projet a permis de finaliser des nouvelles interfaces musicales MO (Modular Musical Objects) qui ont remporté le 1<sup>er</sup> prix du concours international Guthman 2011 des nouveaux instruments de musique. Ces interfaces ont été présentées en 2011 lors de plusieurs expositions internationales, dont « Talk to Me » au MoMa de New York, Objet(s) du numérique

– Design d'un nouveau monde Industriel-, Lift Experience à Genève.

Les interfaces MO ont permis des applications concrètes, en particulier pour la pédagogie musicale. Celles-ci ont été appliquées avec succès par une école de musique: l'Atelier des Feuillantines. Notons enfin que le projet a permis de faire émerger une start-up, Phonotonic, qui valorisera une partie de ces développements. Des valorisations industrielles spécifiques sont également en cours par les différents partenaires du projet.

Le projet a d'ores et déjà fait l'objet de plus de 17 communications scientifiques, comprenant des journaux scientifiques et des actes de conférences nationales et internationales. De plus, le projet a fait l'objet de nombreuses communications dans la presse (écrite et Internet) ainsi que de plusieurs présentations publiques en Europe, aux États-Unis et en Asie.



**Projet Interlude - MO Modular Musical Objects**

#### Projet Urban Musical Game

*Programme: Futur en Seine, financement Région Île-de-France, période: sept 2010 – juin 2012 coordinateur Ircam, collaboration No Design, Phonotonic.*

Dans le cadre du festival Agora et Futur en Seine 2011, nous avons réalisé une installation interactive mettant en œuvre différents aspects de nos recherches sur les systèmes d'interactions musicales collectives. Le dispositif interactif *Urban Musical Game* est basé sur des jeux de ballons qui, équipés de capteurs de mouvement, fonctionnent comme des interfaces musicales contrôlant les paramètres d'un environnement sonore spécifiquement programmé (par le compositeur Andrea Cera). Les utilisateurs se font des passes, dribblent ou jonglent pour contrôler des sons et participer à la génération de la musique. D'un point de vue technique, cette installation nous a permis de tester sur une large échelle nos développements sur l'analyse de geste et la synthèse interactive avec des contenus sonores enregistrés.

Suite au festival Futur en Seine, l'installation a été présentée dans plusieurs autres manifestations: la conférence Lift11 à Marseille (6-8 juillet 2011), conférence phare sur les usages et services émergents liés aux technologies numériques, Apart SFR le 16 septembre 2011, CUBE les 1-2 octobre 2011 et d'autres présentations sont prévues pour 2012.

Une valorisation industrielle est également en discussion entre les partenaires du projet et la startup Phonotonic (issue du projet ANR Interlude) et qui a également participé au développement de *Urban Musical Game*.



**Projet Urban Musical Game - Festival Futur en Seine (photo nodesign.net)**

#### Projet Legos

*Programme: ANR Blanc; période: oct11 – dec 14; coordinateur Ircam, collaboration (CNRS UMR 8119) Paris Descartes*

Le projet ANR Legos a démarré au mois d'octobre. L'objectif est d'étudier l'apprentissage sensori-moteur dans des systèmes sonores basés sur des interfaces gestuelles. Précisément, nous étudions des gestes de contrôle de synthèse sonore et en particulier leurs évolutions dans le temps. Il s'agit donc à la fois de développer, d'évaluer et comparer des systèmes interactifs afin de proposer à moyen terme des nouvelles interfaces gestuelles de contrôle de médias numériques ainsi que des applications médicales comme le feedback sonore pour la rééducation. Le projet permettra également d'apporter un nouvel éclairage sur la perception des sons dans un processus actif engageant une action de l'auditeur.

#### ■ Synthèse et traitement sonores interactifs

##### Interaction avec des contenus sonores enregistrés

Dans le cadre de plusieurs projets décrits ci-après, nous avons développé des approches d'interaction avec des contenus sonores enregistrés. L'enjeu de ces travaux est de pouvoir transformer en temps réel de manière interactive et sélective des aspects spécifiques de la morphologie d'un son enregistré (hauteur, timbre, temporalité). Ces recherches s'appuient sur des techniques d'analyse automatique et des annotations manuelles de contenus sonores enregistrés, ainsi que sur un ensemble de méthodes de synthèse. De manière générale, pour chaque application, il s'agit de définir un système cohérent entre un modèle d'interaction (scénario d'interaction, captation du geste et du mouvement), un modèle musical (partition et processus génératifs) et un modèle de contenus sonores (analyse et resynthèse sonore). Des prototypes d'applications ont été développés dans le cadre des projets ANR Interlude et Topophonie ainsi que dans le projet *Urban Musical Game*.

Ces travaux s'appuient sur des composants logiciels développés par l'équipe (bibliothèques MuBu, ZsaZsa, GF et RTA) ainsi que SuperVP. Ces logiciels ont été étendus par multiples fonctionnalités avec des exemples d'utilisation dans le cadre de ces recherches.

#### Projet eJam avec Orange Labs

Orange Labs développe avec le projet eJam un système de musique participative de chant en réseau. Une première étape de collaboration entre Orange Labs et l'Ircam a été initiée en fin 2011 en prévoyant, à plus long terme, des développements de composants technologiques à partir de 2012. Dans cette première collaboration, l'équipe contribue au développement de deux composants « plugins » de traitement sonore : une réverbération et un composant qui corrige automatiquement la hauteur d'un enregistrement de chant, sur la base d'un alignement à un enregistrement référence. Le développement du plugin de réverbération utilise la bibliothèque Ircam Reverb développée par l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs. La correction de la hauteur s'appuie sur une nouvelle bibliothèque d'alignement entre deux fichiers audio ainsi que les bibliothèques MuBu, ZsaZsa et RTA. Plusieurs prototypes Max/MSP ont été développés pour ce projet.

#### Projet Topophonie

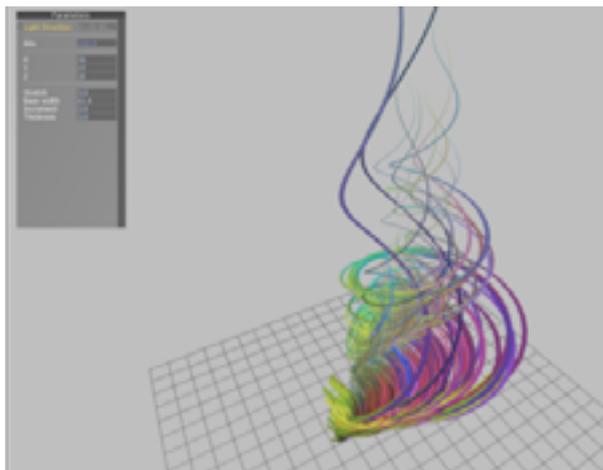
*Programme : ANR ContInt ; période : nov 09 – nov 12 ; coordinateur : ENSCI*

Le projet de recherche Topophonie porte sur la navigation sonore dans les flux et les masses d'événements avec un rendu audio graphique. Le terme audio graphique désigne des formes graphiques et sonores dans lesquelles les modalités visuelle et sonore sont synchronisées. Le but du projet est de concevoir et développer des modèles, des interfaces et des rendus audio graphiques navigables d'ensembles d'objets corpusculaires, animés et spatialisés.

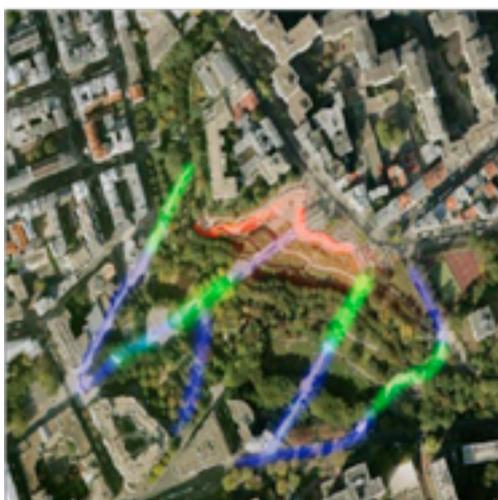
Nous avons approfondi l'application de la synthèse par corpus au problème de génération de textures sonores avec un contrôle de très haut niveau par un mapping de paramètres phénoménologiques vers des descripteurs sonores. Le travail de recherche bibliographique préalable a d'ailleurs permis de publier un article et de faire une présentation étendue « State of the Art » (dont seulement trois ont été acceptés) à la conférence DAFx [Schwarz11c].

Le projet est entré en 2011 dans la phase de la mise en œuvre des applications d'usage. Les travaux réalisés fournissent des interfaces de définition et de contrôle de scènes multimédias et des outils de rendu temps réel sur les canaux audio et visuels synchronisés. Les premières réalisations ont été l'installation de réalité augmentée audio *Topophonie Mobile* au festival Futur en Seine, permettant une balade géolocalisée dans un parc public augmentée par une ambiance acoustique autour du thème de l'eau, et l'application *Navidium* de cartographie numérique interactive audio graphique.

Pour *Topophonie Mobile*, nous avons spécifié et développé un premier prototype du moteur audio *IMTR-Audio-Engine* (IAE) en librairie C, qui a été ensuite intégré par Orbe dans iOS. L'intégration de ce moteur dans l'environnement graphique *Unity3D* a été démarrée en vue de son utilisation pour des réalisations par les étudiants de l'ENSCI début 2012.



**Projet Topophonie - Visualisation d'un corpus de sons dans Shapes (Matthieu Savary, UserStudio)**



**Zones d'activation pour Topophonie Mobile (Orbe)**

D'autres points forts de la recherche sont l'échange et la diffusion des savoirs en deux workshops internationaux sur la modélisation audio graphique, organisés par le projet en 2011.

Nous avons préparé la réalisation d'un prototype du concept des « interfaces sales » par Matthieu Savary du partenaire *User Studio* en travaillant sur l'analyse vidéo et la détection de mouvement afin de le convertir en profil d'activation. Le problème de régions non occupées dans la projection 2D de l'espace de descripteurs a été résolu par un algorithme de distribution par triangulation et modèle masse – ressorts, implémenté en FTM [Lallemand11a].

### ■ Développement de systèmes de captation de geste

Cet axe de recherche et développement comprend à la fois la réalisation de systèmes génériques pour la captation de gestes et des réalisations spécifiques liés à certains projets artistiques.

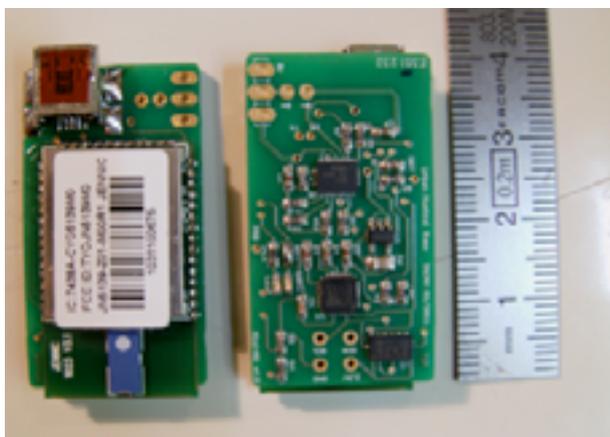
À la suite du projet ANR Interlude, nous avons décliné les modules de captation sans fil MO en une version miniaturisée baptisée MO-Nano. Celle-ci reste compatible avec l'ajout d'accessoires et le déport des capteurs gestuels (sur un archet par exemple) mais elle est optimisée pour l'utilisation en spectacle vivant.

Les prototypes des MO-Nano ont été utilisés avec succès pour le projet Urban Musical Game, validant leur taille, autonomie et robustesse dans le cas d'une intégration dans un ballon en mousse.

Le MO-Nano est actuellement utilisé par Mari Kimura en situation de concert et est en cours de duplication pour le département de la Production.

Dans le cadre du Coursus 2 et de l'installation *Trip Wire* (Ashley Fure, Jean-Michel Albert), une interface de puissance pour la commande de 24 moteurs a été réalisée.

Dans le cadre du Coursus 1, nous avons conseillé et aidé deux réalisations : une interface de commande d'un moteur pour élément scénographique (Chris Switchbank) et une interface de commande multi moteurs pour violoncelle préparé (Lisa Streich).



*Interface Monano pour la captation de geste*

## ÉQUIPE INGÉNIERIE DES CONNAISSANCES MUSICALES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations
Chercheurs et ingénieurs statutaires	1	Revue à comité de lecture	1	Nationaux et régionaux	2	INA, EMI France, univ. Techno. Compiègne, Mines ParisTech, Grame, univ. Saint-Étienne
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	4	Conférences avec comité de sélection	3	Internationaux		
Doctorants	1	Ouvrages et chapitres		Contrats industriels		
Stagiaires		Thèses de doctorat et HDR				

Responsable : Jérôme Barthélemy

L'équipe a été constituée à l'origine comme support aux équipes de recherche, dans les projets européens comportant des aspects de développement logiciel de systèmes en ligne. L'équipe a donc développé des compétences dans ces domaines – middleware et bases de données –, ainsi que dans le domaine des standards (notamment MPEG).

Depuis l'année 2006, elle s'est saisie d'une problématique particulière : la préservation à long terme des données numériques. Cette problématique, reconnue depuis maintenant un certain nombre d'années, n'est pas seulement liée à la préservation des flux de données numériques (les octets, les bits), ou à la préservation des supports physiques de ces données, mais est entièrement conditionnée par la préservation des connaissances qui permettent l'interprétation et le rendu des données.

Cette problématique a amené l'équipe à réaliser des infrastructures techniques spécifiques au domaine, mais aussi à acquérir des compétences en matière de langages, de transcoding, et d'ingénierie des connaissances.

Ces compétences et cette problématique centrale sous-tendent les champs de recherche qui constituent aujourd'hui l'activité de l'équipe : ingénierie des connaissances et virtualisation. Ces champs de recherche sont reflétés dans la nouvelle dénomination de l'équipe : Ingénierie des connaissances musicales.

L'année 2011 a permis de finaliser le projet ASTREE. Nous avons procédé à des travaux de validation comprenant des validations techniques et des validations « en situation » (portages et représentations en concert).

Elle a permis aussi des avancées dans le projet Gamelan. Un premier prototype a été élaboré, ainsi qu'un modèle de données de la production audio numérique, basé sur le principe des ontologies différentielles.

Une réunion de révision ANR à mi-parcours a eu lieu le 17/06/2011, durant laquelle le premier prototype a été présenté. L'appréciation du projet a été positive.

### ■ Virtualisation

Par virtualisation, nous entendons une stratégie qui consiste à produire une abstraction de l'objet à archiver, afin de rendre indépendant d'une implémentation particulière sous-jacente. Cette technique est à comparer aux autres techniques qui permettent la préservation de données numériques : la conservation muséale, l'émulation, et la migration. Sans vouloir effectuer de comparatif complet de ces différentes méthodes, nous devons indiquer que la méthode de virtualisation est celle qui semble offrir les meilleures garanties de pérennité à long terme.

La conservation muséale consiste à préserver « en état de fonctionnement » tous les composants (matériel et logiciel) qui permettent d'utiliser l'objet numérique. Cet objectif est hors d'atteinte pour une équipe telle que ICM, et présente à l'évidence un risque extrêmement important à moyen et long terme.

L'émulation consiste à remplacer un élément de l'architecture atteint d'obsolescence par un autre : par exemple, un élément hardware par un élément software (par exemple, émulation de la carte ISPW de la station NeXT). Cette solution est extrêmement coûteuse et se heurte par ailleurs à des problèmes insolubles relatifs à la propriété intellectuelle (impossibilité de pratiquer du reverse engineering).

La migration est la solution la plus couramment pratiquée pour les objets créés à l'Ircam. Elle consiste à réécrire – totalement ou en partie – les objets atteints par l'obsolescence. Certaines œuvres créées par exemple sur station NeXT dans les années 90 ont déjà subi plusieurs migrations successives. La virtualisation, appliquée à l'objet lors de son archivage, permet donc de connaître l'état de l'objet lors de son archivage, et d'anticiper sur les migrations inéluctables. Toutefois, elle nécessite de bénéficier d'outils automatiques ou semi-automatiques, afin de minimiser l'effort lors de l'archivage. Nous avons appliqué nos efforts de virtualisation à l'objet qui présente le plus de risques d'obsolescence dans les productions effectuées à l'Ircam : le processus temps réel. Celui-ci se présente à l'Ircam le plus souvent sous forme de « patch » Max/MSP, mais il existe aussi sous forme de processus écrit en langage C, C++ ou d'autres langages informatiques.

### Projet ASTREE

*Programme : ANR Contenus et Interactions ; période : déc 08-septembre 2011 ; coordinateur : Ircam*

Le projet ASTREE se base sur le langage « FAUST », développé au Grame depuis 10 ans. L'ambition du projet est de s'appuyer sur la représentation en langage FAUST afin de permettre :

- la transformation de l'existant, quel que soit le langage ou le système originel (Max/MSP, PureData, ISADORA, Reaktor...) en une forme concise, expressive, adaptée à la synthèse et au traitement du signal musical ;
- l'analyse de ces expressions, afin de rechercher les invariants, en appliquant des techniques de data mining ;
- effectuer des travaux de classification de l'existant, afin de construire les bases d'une organologie (une ontologie) des processus temps réel.

Le projet s'organise donc autour du langage FAUST, qui joue un rôle central de « Lingua Franca » entre ses différentes parties : d'un côté la transformation et l'analyse du patrimoine existant et sa traduction en FAUST, de l'autre la génération d'implémentations nouvelles et de documentations à partir de ces mêmes descriptions FAUST.

*Virtualisation : production d'une documentation des processus en utilisant le formalisme mathématique*

Le projet ASTREE a permis le développement de deux applications : une application de transformation des processus Max/MSP en langage FAUST, et un générateur automatique de documentation. Couplés, ces deux prototypes permettent donc de générer une documentation mathématique du processus temps réel. Cette documentation est totalement indépendante de toute implémentation matérielle et logicielle, et doit permettre à un développeur connaissant le langage mathématique de réimplémenter l'objet originel avec la solution de son choix – incluant d'ailleurs une possibilité d'implémentation hardware.

*Validation :*

La validation effectuée dans le projet ASTREE comporte trois méthodes différentes : la première est une méthode de validation « technique », la seconde est une méthode de validation « en situation », visant à évaluer l'utilisabilité des programmes générés, et la troisième vise à s'assurer de la validité de la documentation mathématique à long terme.

La première méthode de validation est une validation « technique » : il s'agit de prouver l'équivalence entre le programme exprimé en FAUST et le programme originel. Pour cela, on vérifie que le programme résultant de la recompilation du programme FAUST résultant de la transcription d'un programme original écrit en Max/MSP donne des résultats similaires au programme originel. On compare les sorties audio des deux programmes, soit de manière auditive, soit en appliquant une opération de différence entre les sorties

audio, et en mesurant l'intensité du signal résultant. Le signal résultant doit avoir une intensité très faible et ne pas être perceptible. Cet objectif a été atteint.

La seconde méthode est une méthode de validation « en situation » : elle vise à remplacer dans certaines œuvres utilisant des processus temps réel, le processus original par un processus retranscrit et recompilé dans l'environnement FAUST. Cette validation a porté principalement sur une œuvre musicale du répertoire : *En Écho*, de Philippe Manoury (1994), qui a été représentée en concert : Saint-Étienne, mai 2011, Le Normandoux, août 2011, Tours, octobre 2011.

Il s'agit ici de prouver :

- la cohérence avec les pratiques et les usages actuels ;
- l'adéquation aux besoins de la création, et notamment en termes de performances.

La troisième méthode vise à valider la pérennité de la documentation produite par l'outil de documentation automatique. Pour cela, nous avons fourni la documentation sous forme papier à deux développeurs, qui ont redéveloppé les objets documentés. Afin d'éviter les biais, les développeurs n'ont pas eu de contacts avec les fournisseurs du code original, ont un background technique différent de celui des développeurs originaux, et doivent utiliser un environnement différent de l'environnement originel (en l'occurrence, Matlab et Mathematica).

Il s'agit ici de prouver :

- l'absence de connaissances implicites non formalisées ;
- la pérennité du formalisme ;
- la possibilité de génération d'une documentation pertinente.

### ■ Constitution de connaissances

Dans le contexte général de la préservation, nous entendons par constitution de connaissances un ensemble de méthodes, de processus et d'objets, certes issus du domaine de l'ingénierie des connaissances, mais plus particulièrement adaptés à notre domaine d'intervention. Nos problématiques couvrent essentiellement les sous-domaines de l'extraction des connaissances (data-mining et apprentissage à partir d'expressions formelles) et de la représentation des connaissances (dans lequel nous incluons tout ce qui concerne le raisonnement).

### Projet ASTREE

*Programme : ANR Contenus et Interactions ; Période : déc 08-septembre 2011 ; coordinateur : Ircam*

Le projet ASTREE comprenait une tâche dédiée à l'analyse des données, fondée sur le data mining et l'apprentissage à partir d'expressions formelles, afin de permettre l'analyse et la classification des objets. Nous avons notamment développé des outils fondés sur la méthode des cartes de Kohonen. Toutefois, les résultats obtenus ne sont pas satisfaisants. Davantage d'essais et de tentatives de classification

doivent être effectués afin de permettre d'avancer vers des outils de classification efficaces et fiables.

#### Projet Gamelan

*Programme : ANR Contint ; Période : Nov 09- Fev 13 ; coordinateur : Ircam*

Les environnements de production sonore et musicale sont composés de nombreux outils destinés au façonnage et à l'assemblage de sons. Qu'il s'agisse de musique classique, contemporaine, électroacoustique, électronique ou variétés, chaque production doit gérer un nombre très important d'échantillons sonores faisant intervenir une diversité d'outils destinés à la création, la modification ou l'enrichissement des sons.

Se constituent ainsi des chaînes de production complexes et parfois disparates où l'utilisateur détient la connaissance globale de l'environnement et dont il est le seul à pouvoir assurer le fonctionnement. Bien qu'il existe des formats d'échange cohérents entre certains logiciels, le fonctionnement général d'une telle chaîne est incertain et pose de nombreux problèmes de gestion, réutilisation et préservation.

L'objectif du projet est donc de développer un méta environnement de production intégrant les outils existants de production musicale et audio numériques, de manière à :

- permettre la compréhension et la gestion d'une production ;
- permettre une navigation temporelle au sein d'un flux de production ;
- permettre un archivage « intelligent » du flux de production ;
- faciliter les échanges de données entre les différents acteurs de la filière, et faciliter le travail collaboratif ;
- faciliter la reprise des éléments existants et leur réexploitation (repurposing).

Le projet vise à créer un environnement de gestion pour la production audio, permettant la structuration des contenus pour favoriser leur archivage dans une perspective de réexploitation et de reconfiguration.

#### *Définition d'un langage de représentation des contenus sonores*

Dans le cadre du projet Gamelan, une thèse est prévue, coencadrée par deux partenaires, l'université de Technologie de Compiègne (Bruno Bachimont), et l'Ircam (Alain Bonardi). Cette thèse, démarrée le 1<sup>er</sup> mars 2010 par Antoine Vincent, a pour sujet la définition d'un langage de représentation des contenus sonores, qui devrait permettre d'exprimer les processus à l'œuvre dans le processus de création.

L'objectif fixé est la création d'un langage formel de représentation des processus : au moment où il sera nécessaire de réinvestir les étapes de création, pour remonter l'œuvre ou la remobiliser vers une nouvelle destination, ce langage nous permettra d'accéder aux processus.

Pour illustrer cette notion de langage formel, nous pouvons citer par exemple les langages de requête tels que SQL, lan-

gage informatique normalisé qui sert à effectuer des opérations sur des bases de données.

Toute création de langage est précédée par la création d'un vocabulaire, qui servira de base à la constitution de phrases interprétables. De plus, pour définir notre vocabulaire, nous devons commencer par créer une ontologie de notre domaine, c'est-à-dire de la production sonore en environnement numérique.

Afin d'élaborer notre ontologie, nous nous appuyons sur la méthode Archonte<sup>4</sup>, qui permet la construction d'ontologie en suivant trois étapes :

- normalisation : nous créons un arbre de concepts sémantiques. Chaque concept est caractérisé par un libellé linguistique et son interprétation est directement contrainte par les concepts de plus haut niveau. Dans cet arbre, nous respectons un engagement sémantique fort, pour que chaque libellé puisse être utilisé comme une primitive de représentation. Afin de respecter cet engagement, nous associons entre chaque concept des principes différentiels : les principes de communauté et de différence avec le père et les frères ;
- formalisation : l'ontologie devient un treillis de concepts formels. L'ontologie différentielle est complétée avec des concepts formels souvent définis par intersection de deux autres concepts et devient une ontologie référentielle ;
- opérationnalisation : l'ontologie est alors un treillis de concepts computationnels. Pour atteindre l'ontologie computationnelle, nous allons chercher à munir les concepts de l'ontologie référentielle d'une signification en terme d'opérations informatiques.

En 2011, nous avons réalisé une première itération des phases de normalisation et de formalisation.

Signalons l'originalité de notre approche sur la manière d'aborder la phase de normalisation : comme nous ne disposons pas de corpus du domaine, nous sommes passés par une étape de suivi de production.

#### *Développement d'un premier prototype*

Nous avons développé, conjointement avec l'INA, un premier prototype de l'environnement de gestion Gamelan. Ce prototype permet de tracer les principales activités de l'utilisateur utilisant le logiciel Audacity. Il permet de tracer les activités permettant de générer un « mix », et d'identifier les sources audio de ce fichier mix.

4 ARCHitecture for ONTological Elaborating.

## ATELIER MÉCANIQUE

*Technicien : Alain Terrier*

L'atelier mécanique effectue des travaux de conception et de réalisation de dispositifs de mécanique de précision au service de l'ensemble des activités de l'Ircam.

Les principales réalisations menées au cours de l'année 2011 sont les suivantes :

- étude et réalisation de trois supports micros sur la flûte octobasse (A. Jacquinet, département Création) ;
- réalisation de trois moulages internes sur des embouchures de trompettes (R. Caussé, P. Eveno, équipe Acoustique instrumentale) ;
- étude et réalisation de brides pour le bac d'impédance (mesure de pavillon et d'embouchures pour la trompette) (R. Caussé, P. Eveno, équipe Acoustique instrumentale) ;
- étude et réalisation une butée micrométrique sur le chariot porte instrument de la bouche artificielle (T.Hélie, N.Lopes, équipe Analyse/synthèse) ;
- étude et réalisation d'un bloc d'alimentation support capteur de température pour électrovanne sur la bouche artificielle (T.Hélie, N.Lopes, équipe Analyse et synthèse des sons) ;
- révision d'un hautbois (mesures d'impédance) (R. Caussé, P. Eveno, équipe Acoustique instrumentale) ;
- étude et réalisation d'un bac de mesure pour les clés et les tampons du saxophone (R. Caussé, P. Eveno, équipe Acoustique instrumentale) ;
- réalisations d'un rack pour la campagne de vols paraboliques VP92 CNES (I. Viaud-Delmon, O. Warusfel, M. Noisternig, T. Carpentier, équipe Espaces acoustiques et cognitifs).

## LES PRINCIPAUX LOGICIELS

### MODALYS



#### ■ Descriptif

Modalys permet de créer un instrument virtuel et d'en jouer, y compris en temps réel si la charge de calcul n'est pas trop élevée. Pour cela, l'utilisateur dispose des éléments de base à géométrie simple (cordes, membranes, plaques, tuyaux, etc.), qui peuvent se mettre en interaction avec différents types de connexions (frapper, pincer, frotter, souffler, etc.). Les formes plus complexes, qu'elles représentent un fluide ou une structure, peuvent se modéliser à l'aide de maillages (technique des éléments finis). Il est possible de réaliser toutes sortes d'instruments, des copies d'instruments existants aux instruments virtuels les plus originaux.

#### ■ Principales fonctions réalisées :

- Enrichissement du logiciel avec des réponses impulsionnelles d'instruments à cordes (quatuor à cordes, contrebasse, guitare...). Le signal de corde est convolué en temps réel avec une réponse impulsionnelle de la caisse de résonance et permet d'apporter du réalisme à la synthèse. La convolution temps réel utilise notamment l'objet de convolution rapide `rtconv` du logiciel `Spat` ;
- réalisation d'un script d'accord automatique pour les structures créées avec les éléments finis. L'idée consiste à accorder automatiquement certains modes d'une structure. Pour une plaque, par exemple, il s'agit de rechercher les bonnes dimensions qui permettront d'accorder un de ces modes à une fréquence donnée ;
- participation au développement de `Mlys2.0`. `Mlys` est une interface pour `Modalys`. Il s'agit d'une librairie d'objets `Max/MSP` dérivée de `Modalys` qui permet de construire des instruments simples dont le matériau peut-être modifié (métal, bois, pierre) ainsi que les dimensions et qui peuvent être mis en vibration de plusieurs manières : frappé, frotté, pincé, soufflé... Cette interface permet de contrôler `Modalys` directement en temps réel à partir de `Max/MSP`. Les objets réalisés jusqu'ici sont : la corde pincée, la plaque frappée ou mise en vibration par un signal audio, un tube dans lequel on souffle à partir d'une anche, une corde frottée.

## SPAT

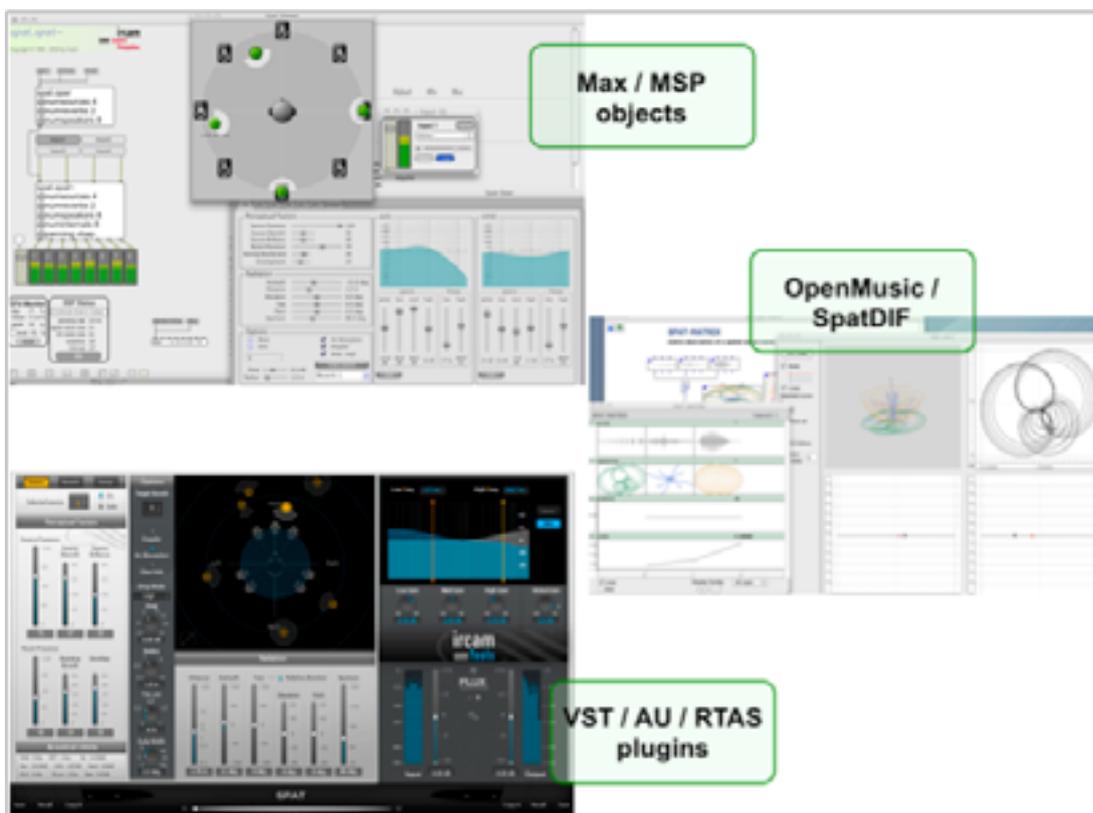


Figure : L'interface utilisateur du Spatialisateur déclinée dans les différents environnements de production musicale : Max/MSP pour la spatialisation en temps réel, les plugins IrcamTools pour le mixage et la post-production, OM-Spat pour la synthèse spatiale en temps différé dans OpenMusic.

### ■ Descriptif

Le Spatialisateur est un outil d'acoustique virtuelle permettant la création en temps réel de scènes spatialisées dans un espace sonore réel ou virtuel. Ses contextes d'application sont les concerts et la spatialisation du son en temps réel, la postproduction ou encore la réalité virtuelle. Son originalité réside dans son mode de contrôle de l'effet de salle à l'aide de critères perceptifs permettant une écriture intuitive des caractéristiques de spatialisation, et ce de façon indépendante du dispositif de restitution.

### ■ Principales fonctions réalisées

#### OM Spat

OM-Spat est une bibliothèque dédiée à la synthèse spatiale. Elle permet l'écriture, en temps différé, de scènes sonores spatiales dans l'environnement de CAO OpenMusic. En rendant accessibles les principales fonctionnalités du Spatialisateur dans l'environnement de composition, OM-Spat permet une plus grande intégration de la spatialisation dans la phase d'analyse/synthèse. Elle facilite ainsi la mise en œuvre de synthèse granulaire spatiale, synthèse spectrale spatialisée, etc.

La bibliothèque se présente sous la forme :

- de plusieurs objets OM pour la création et l'édition de trajectoires tridimensionnelles associées à des événements sonores et à des repères temporels ;
- d'un moteur de rendu (Spat-Renderer) temps différé en ligne de commande ;
- d'un protocole basé sur SpatDIF (Spatial Sound Description Interchange Format) permettant la communication entre OM et Spat-Renderer, et le stockage des données de spatialisation ;
- d'une application standalone (Spat-SDIF-Player) permettant la lecture de fichiers SpatDIF et le streaming des données de spatialisation sur un protocole OSC (permettant ainsi de jouer des fichiers SpatDIF dans Max/MSP par exemple).

#### Décodeur Ambisonic

Le décodeur Ambisonic dit « à préservation d'énergie » (Zotter 12b) a été implémenté dans le Spatialisateur. Ce décodeur préserve l'énergie du champ sonore reproduit, en particulier pour les configurations non-uniformes de haut-parleurs telles que les réseaux hémisphériques.

Ce décodeur vient s'ajouter aux deux autres types de décodage déjà présents dans Spat : les décodages « direct-sampling » (échantillonnage de l'excitation des harmoniques sphériques sur les positions des haut-parleurs) et « mode-matching » (appariement des modes du champ sonore au dispositif de haut-parleurs).

Outre des filtrages de compensation, des effets de champ proche (« Nearfield Compensated Higher Order Ambisonic ») ont été intégrés, permettant la synthèse d'effet de proximité des sources.

#### Virtualisation de haut-parleurs

Le principe de virtualisation de haut-parleurs consiste à synthétiser l'encodage binaural du champ sonore tel qu'il serait créé par un ensemble quelconque de haut-parleurs (par exemple un dispositif surround 5.1). Il permet donc d'écouter sur un casque stéréophonique le résultat d'un mixage multi-canal en préservant les informations de spatialisation.

Ce principe a été développé dans le Spat sous la forme d'un objet externe pour Max/MSP. L'objet permet en outre d'ajouter un effet de salle (plusieurs presets sont fournis) afin d'améliorer l'externalisation dans le cadre d'une écoute HRTF non individualisée.

Cet objet est également disponible sous forme de plugin (Ircam HEar) développé conjointement avec la société Flux dans la gamme IrcamTools.

#### Autres fonctionnalités

- Panoramique d'amplitude contrôlée par signaux : permet le panoramique d'intensité, sur un dispositif quelconque de haut-parleurs ; les positions des sources sont contrôlées dans le domaine signal ;
- outil de contrôle de matricage continu : l'objet matrixctrl permet dans Max/Msp de contrôler le matricage de signaux de façon binaire (on/off). Par extension, l'objet spat.matrixcontrol a été développé afin de contrôler en continu (valeurs linéaires ou en dB) le matricage, à l'aide d'une interface graphique ;
- décodeur transaural pour des dispositifs de haut-parleurs non symétriques : permet le transcodage d'un flux binaural sur une paire de haut-parleurs. Ce décodeur utilise une structure de filtrage dite « feed-forward asymmetric » ;
- transcodage transaural vers binaural : permet de transcoder un flux transaural (sur deux ou quatre haut-parleurs) en un flux binaural ;
- Plugin Flux Verb Session : dérivé du plugin Ircam Verb, Verb Session est un réverbérateur algorithmique dont les paramètres de contrôle sont en nombre réduit afin de permettre un réglage très rapide de l'effet souhaité.

## SUPERVP

### ■ Descriptif

SuperVP (Super Vocodeur de Phase) est une bibliothèque et un exécutable pour le traitement, la transformation et l'analyse des sons en temps différé et en temps réel. SuperVP est basé sur une implémentation du vocodeur de phase étendu, utilisant en interne une représentation temps fréquence du son. SuperVP permet un ensemble important d'effets de transformation de sons avec une très haute qualité. Les transformations accessibles sont dilatation/compression temporelle, transposition avec et sans préservation du timbre, filtrage, synthèse croisée, séparation et remixage des composantes transitoires, bruitées et sinusoïdales, traitements et réassemblages des composantes sources et filtres du son, débruitage, etc. La bibliothèque donne accès à un très grand nombre de paramètres permettant ainsi le contrôle précis des algorithmes et résultats obtenus. Le moteur de calcul a été étendu afin d'optimiser le traitement de la parole et la transformation/préservation des transitoires. La bibliothèque permet aussi un nombre important d'analyses, notamment le calcul du spectrogramme standard et réassigné, plusieurs algorithmes d'estimation de l'enveloppe spectrale, de la fréquence fondamentale et des régions temps fréquence à caractère transitoire. La bibliothèque est optimisée en utilisant notamment le calcul vectoriel SIMD. Toutes les fonctionnalités de la bibliothèque sont accessibles dans un exécutable de type ligne de commande.

### ■ Principales fonctions réalisées

Le développement de SuperVP en 2011 a été influencé, en grande partie, par les problèmes liés au développement des traitements modulaires dans les objets svpx pour Max/MSP. L'utilisation de la bibliothèque dans différentes configurations pour lesquelles les transformations sont effectuées de façon différente, nous a demandé d'améliorer la cohérence entre les configurations possibles.

La liste suivante résume les fonctionnalités qui ont été ajoutées à la bibliothèque :

- l'analyse et la transformation des paramètres du pulse glottique de la voix ont été améliorées et finalisées. L'analyse intègre maintenant un lissage basé sur l'algorithme viterbi ;
- un nouveau module filtre permettant la conversion de la voix utilisant un modèle statistique type GMM a été implémenté ;
- la détection des transitions dans le signal sonore a été améliorée en y intégrant une extension pour la détection des débuts des notes harmonique avec transition lente ;
- L'enveloppe spectrale peut maintenant être sortie en représentation LSF.

## VOICEFORGER



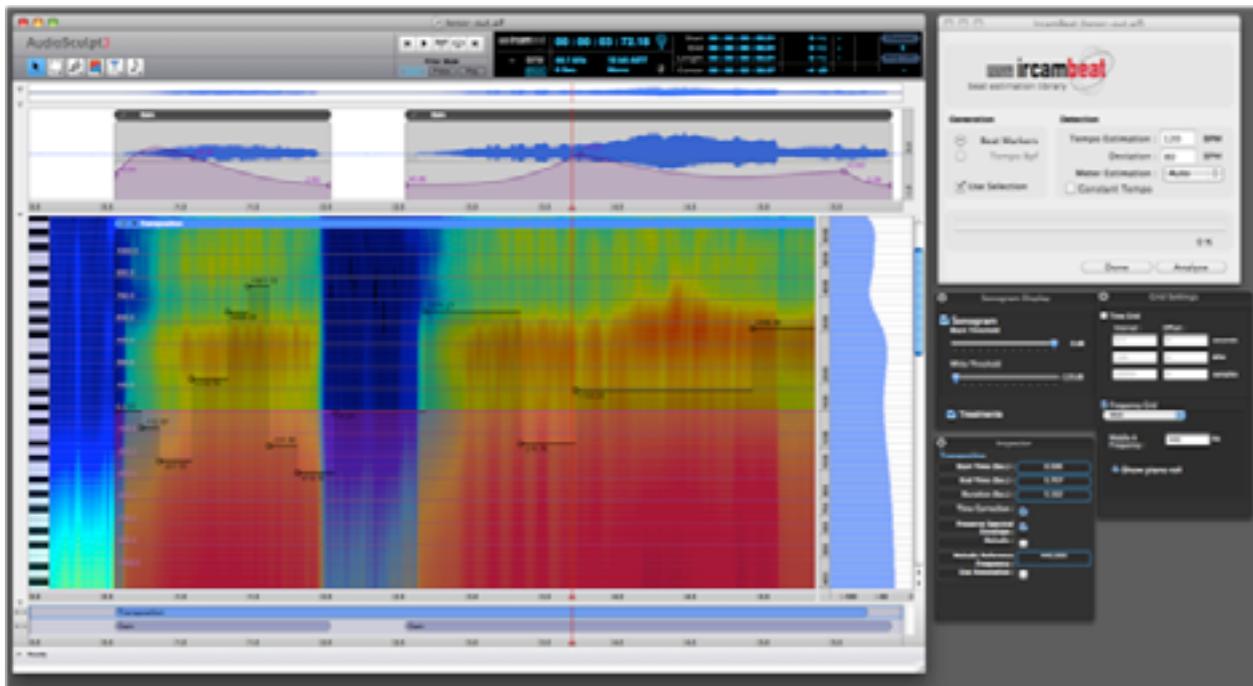
### ■ Descriptif

VoiceForger est une bibliothèque pour la transformation de la voix avec une interface utilisateur de haut niveau. VoiceForger est basée en grande partie sur les analyses et traitements de la bibliothèque SuperVP utilisant directement l'interface C++ de SuperVP. Grâce à l'avancée récente de la modularité de la bibliothèque SuperVP, VoiceForger reste efficace et permet des transformations en temps réel même pour plusieurs analyses (F0, Voiced/Unvoiced) secondaires. Le développement de la version C++ de cette bibliothèque a commencé dans le projet Affective Avatars. Sont prises en compte les transformations d'âge et de genre du locuteur. La liste des transformations ciblées contient les âges et genres, les types des voix (rugueuse, chuchotée, aspirée), les émotions (joyeuse, énervée) mais éventuellement aussi les personnalités. La plupart des fonctionnalités de la bibliothèque VoiceForger sont accessibles notamment dans le plugin TRaX-Transformer (voir image) qui a été développé en collaboration avec la société FLUX.

### ■ Principales fonctions réalisées

La bibliothèque VoiceForger est stabilisée et nous avons travaillé notamment sur les problèmes rencontrés dans les différentes applications. Les changements concernent notamment l'amélioration de la manipulation de l'ambitus et une extension de l'API par une fonction restart qui réinitialise la chaîne de calcul sans réallocation de mémoire.

## AUDIOSCULPT



### ■ Descriptif

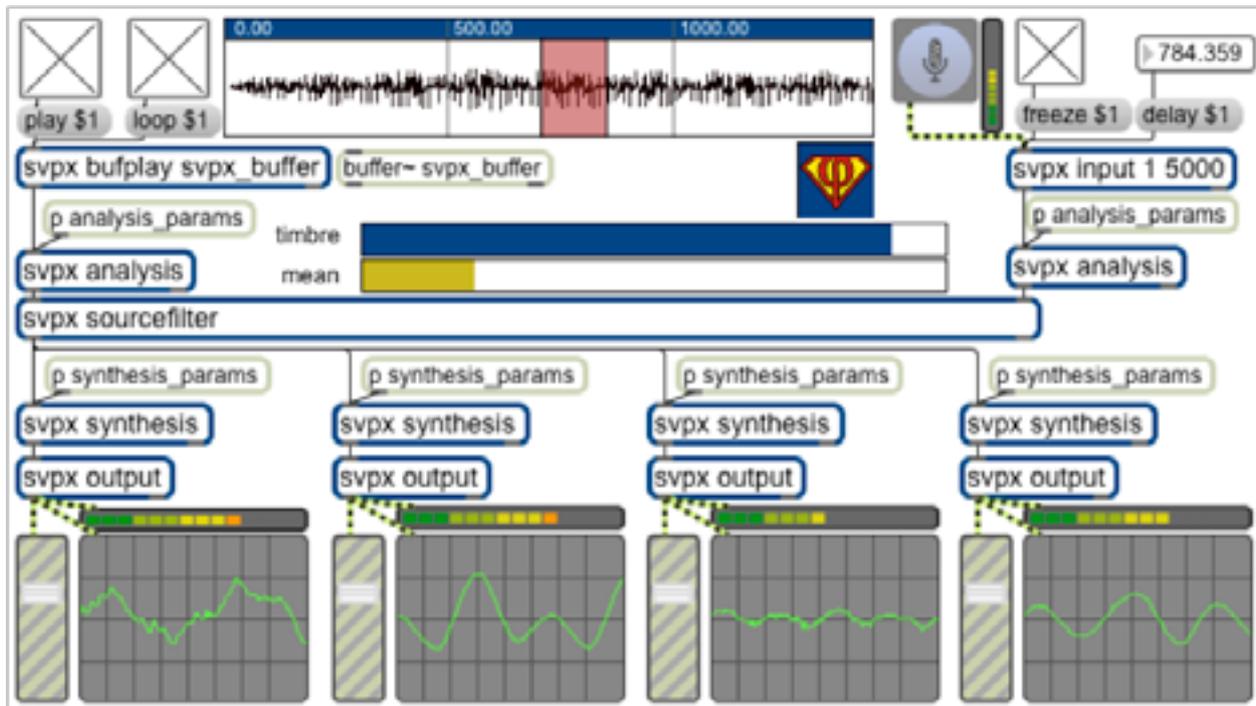
AudioSculpt est un logiciel pour la visualisation, l'analyse et la transformation des sons. AudioSculpt offre plusieurs représentations graphiques du son – forme d'onde, spectre et spectrogramme – qui permettent à l'utilisateur de placer et d'appliquer des transformations représentées sous forme d'objets graphiques et de les paramétrer facilement. Pour effectuer les traitements et analyses, AudioSculpt se base sur les logiciels SuperVP (vocodateur de phase étendu et bibliothèque d'analyse) et Pm2 (modèle sinusoïdal). Les traitements sont organisés dans un séquenceur et peuvent être déplacés individuellement, ou activés/désactivés par piste. L'interface pour la manipulation du spectrogramme reprend les concepts des logiciels de dessin graphique et permet la suppression et le déplacement des sons sous forme de régions temps/fréquence. Le fait de pouvoir séparer les sons en utilisant leurs caractéristiques temps/fréquences donne des possibilités très avancées par rapport au traitement dans le domaine temporel.

### ■ Principales fonctions réalisées

Les travaux ont eu pour objectif l'amélioration et la stabilisation d'AudioSculpt 3.0. Plusieurs améliorations ont été ajoutées :

- la révision du mode de communication avec les kernels d'analyse/resynthèse, ouvrant maintenant plus de possibilités d'intégrer d'autres kernels ;
- la prise en charge pleine des fichiers multicanaux (import, export) ;
- l'amélioration de l'environnement de travail et la communication avec des environnements différents (lecture de marqueurs, copié/collé de Bpf et marqueurs, choix de la carte son) ;
- l'intégration de la bibliothèque IrcamBeat pour la détection des beats.

## SVPX



### ■ Descriptif

SVPX est un ensemble de modules fonctionnant dans l'environnement *Max/MSP*, permettant de combiner rapidement les fonctionnalités de la bibliothèque *SuperVP*: analyse, synthèse et transformations par vocodeur de phase. Le tout en temps réel et avec la possibilité de réutiliser et combiner les sorties de chaque module. Ce travail est réalisé en collaboration avec *Cycling'74* et utilise les services *multigraph* de *Max/MSP*, permettant aux objets de connaître le graphe de connexions actuel, sans recourir à l'envoi de message.

### ■ Principales fonctions réalisées

Tous les modules sont multicanaux (synchronisés ou non) et acceptent de multiples connexions en sortie. Suivant les connexions réalisées et les options choisies, les modules s'adaptent entre eux et de manière globale. Lors de connexions multiples, les données sont stockées localement et réutilisées à la volée.

Deux modules d'entrée accèdent à des échantillons audio : soit en flux continu (*input*, avec *freeze* et délai), soit depuis un *buffer~* standard de *Max/MSP* (*bufplay*, avec lecture, boucle et saut).

Le module d'analyse (*analysis*) permet de configurer les diverses options de *SuperVP*.

Il est possible d'insérer un module de filtrage (comme *sourcefilter*).

Le module de synthèse (*synthesis*) applique les différentes transformations: remixage des transitoires, sinusoïdes et bruit, étirement et transposition avec préservation des transitoires, transformation de l'enveloppe.

Plusieurs modules de synthèse peuvent utiliser la même analyse, chacun avec ses propres paramètres, afin de réaliser plusieurs transformations en parallèle (comme un harmoniseur).

Il est enfin possible d'enregistrer les analyses (*record*) et de les rejouer (*play*) à travers l'environnement *MuBu*, les deux opérations pouvant se dérouler en parallèle.

## BRASSYFX

### ■ Descriptif

Cette émulation du « cuivrage d'un son » a été déduite d'un modèle physique et répond comme le ferait un tube acoustique y compris à fort niveau. Ainsi, pour un signal d'entrée de faible niveau, le signal de sortie est très légèrement filtré passe-bas (effet des pertes du tube). Pour un signal d'entrée de plus en plus fort, une distorsion de type cuivrage apparaît progressivement comme pour un trombone, une trompette, etc.

Remarque : ce Plug-in a été testé et utilisé dans la pièce *Brisures Mouvements* de Cursus de la compositrice Hyangsook Song (création avril 2011).

### ■ Principales fonctions réalisées

Cet objet s'utilise comme un effet de distorsion standard. Son seul paramètre (drive) se règle facilement soit à l'écoute, soit à l'aide du bargraph qui indique la « proportion de cuivrage » en décibels : 0dB signifie que les composantes cuivrée/non cuivrée sont en proportions égales (il s'agit donc d'un son déjà significativement cuivré).

Une version (code optimisé et archivée par T. Carpentier) existe pour Max.



## IRCAMFILTER

### ■ Descriptif

Il s'agit d'une émulation temps réel du filtre passe-bas résonnant du « Moog Ladder Filter » (par résolution des équations du circuit électronique original en séries de Volterra). Le succès qu'a connu ce filtre analogique vient de sa non-linéarité (le timbre change avec le niveau du signal, ce qui apporte une « signature sonore particulière » et un « grain »), de son ordre élevé (4), sa résonance facilement pilotable (les paramètres de contrôle sont directement reliés au facteur de qualité et à la fréquence de coupure). L'intérêt de la modélisation en séries de Volterra pour son implémentation est :

- de réduire les coûts de calcul ;
- de permettre de faire évoluer rapidement les paramètres de contrôle sans avoir d'artefact ;
- de rejeter l'aliasing souvent inévitable sur les traitements non linéaires ;
- et de séparer artificiellement les contributions linéaires et distordues. Ce dernier point peut avoir un intérêt en design sonore et génère des effets intéressants par exemple sur les sons impulsifs et de percussions.

Plusieurs versions codes existent : Un VST-Mac développé en C++ par T. Hélie, une version pour Max développée par J. Lochard, et enfin une version C++ optimisée et archivée par T. Carpentier.

### ■ Principales fonctions réalisées

#### Fonction 1

La première fonction réalisée est de prendre un son d'entrée et de fournir un son de sortie qui correspond à la version filtrée. Le filtre est piloté très simplement par deux paramètres (fréquence de coupure, facteur de qualité de la résonance). Le niveau du signal d'entrée a un effet sur le timbre du son.

#### Fonction 2

La partie linéaire (partie du timbre non sensible au niveau du signal, comme pour un « filtre standard ») et la partie distordue complémentaire peuvent être isolées et dirigées vers deux sorties séparées.

#### Fonction 3

La programmation d'un « envelop follower » sera ajoutée prochainement.

## MODULES D'INDEXATION AUTOMATIQUE

Ircamkeymode, Ircamclassifier, Ircamdescriptor Ircamchord, Ircamsummary, Ircambeat

### ■ Descriptif

Il s'agit de bibliothèques et de programmes développés par G. Peeters et son équipe pour l'extraction d'informations musicales à partir du signal audio. Ils sont développés pour les trois plate-formes Linux, Windows et MacOSX.

### ■ Principales fonctions réalisées

#### Ircambeat

Estimation du tempo et de la métrique variable au cours du temps, estimation de la position des battements et du premier temps. Nouveautés : mise à jour de la partie estimation beat/downbeat ; optimisation du temps de calcul.

#### Ircamchord

Estimation de la suite d'accords (24 accords majeurs et mineurs) au cours du temps, estimation du premier temps (ircamchord inclut ircambeat).

#### Ircamkeymode

Estimation de la tonalité globale d'un morceau de musique (24 tonalités majeures et mineures).

#### Ircamdescriptor

Estimation d'un large ensemble de descripteurs audio (log-attack-time, centroid spectral, MFCC, Chroma, etc. et de leur modélisation temporelle. Nouveautés : nouveaux types de modélisation temporelle, optimisation SDIF en sortie, optimisation temps de calcul, refonte du système de configuration.

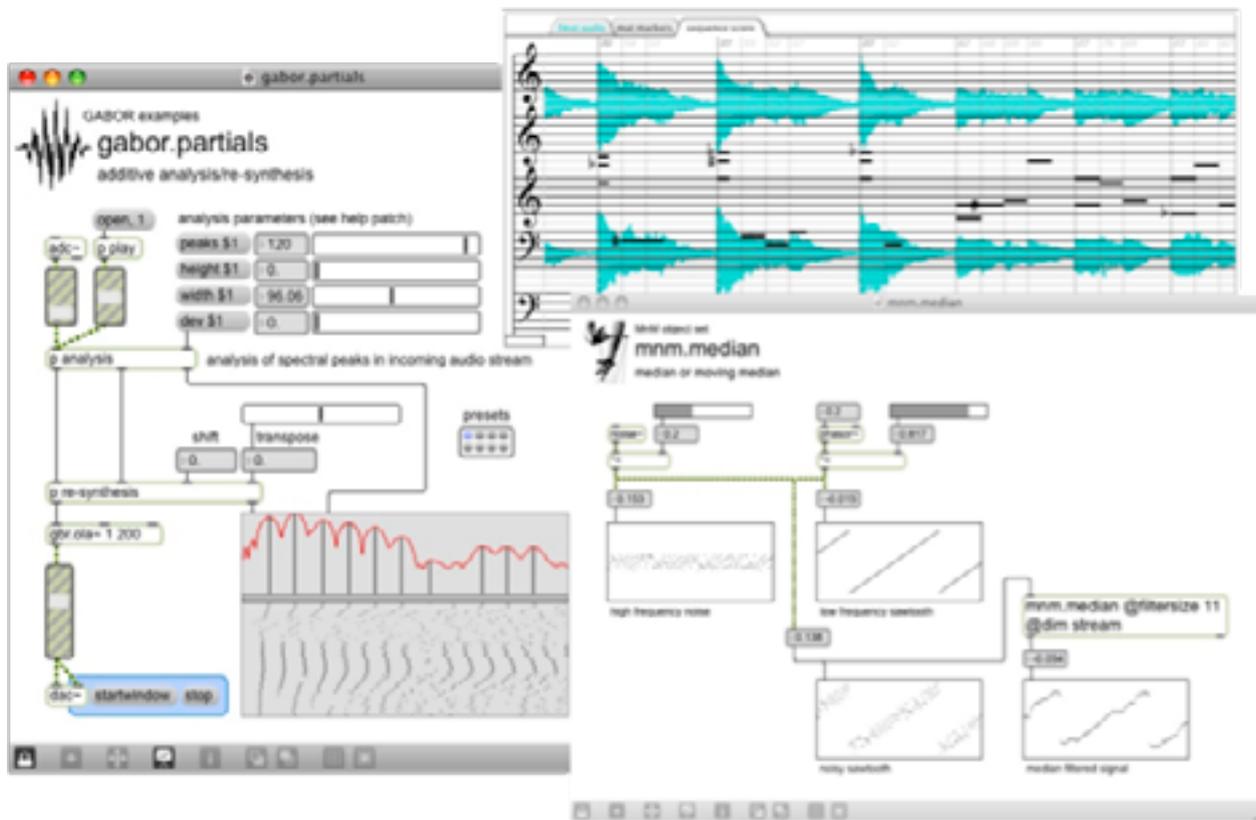
#### Ircamclassifier

Estimation de single-label ou multi-label d'un fichier audio parmi les classes pré-entraînées (ircamclassifier inclut ircamdescriptor).

#### Ircamsummary

Estimation d'un résumé audio selon trois méthodes différentes et de la structure temporelle d'un morceau de musique (approche par état et par séquence).

## FTM



### ■ Descriptif

FTM & Co est une bibliothèque pour Max/MSP qui permet l'utilisation de structures de données complexes et donne accès à une grande palette d'opérateurs. Cette bibliothèque permet de développer des applications avancées d'analyse et de synthèse de données gestuelles et sonores. FTM & Co inclut trois ensembles de modules Max/MSP exploitant les fonctionnalités de la bibliothèque partagée FTMLib : FTM (opérateurs de base), Gabor (analyse et resynthèse sonore), MnM (analyse du mouvement, algèbre linéaire et calculs statistiques).

### ■ Principales fonctions réalisées

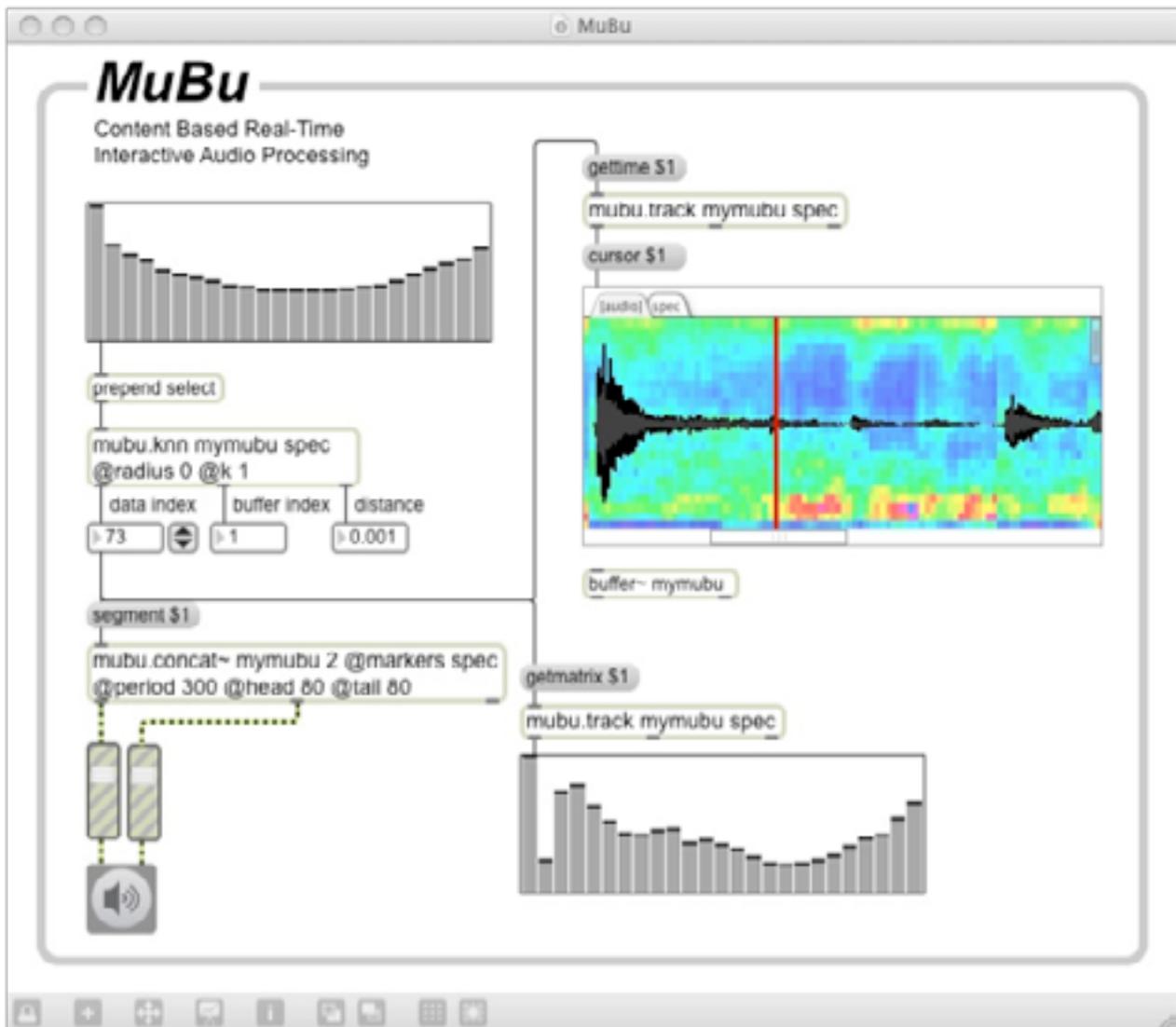
Les développements récents du composant de visualisation et d'édition graphique *IMTR-Editor* ont été intégrés dans la bibliothèque.

L'algorithme de distribution par triangulation et modèle masse-ressorts, par I. Lallemand [Lallemand11a] qui résout le problème de régions non occupées dans la projection 2D de l'espace de descripteurs a été implémenté en MnM.

Des prototypes d'applications ont été développés dans le cadre des projets ANR Interlude et Topophonie ainsi que dans le projet Urban Musical Game présenté au festival Futur en Seine.

Ces travaux s'appuient sur les composants logiciels développés par l'équipe (bibliothèques MuBu, ZsaZsa, GF et RTA) ainsi que SuperVP. Ces logiciels ont été étendus par multiples fonctionnalités et des exemples d'utilisation dans le cadre de ces recherches.

## MUBU POUR MAX/MSP



### ■ Descriptif

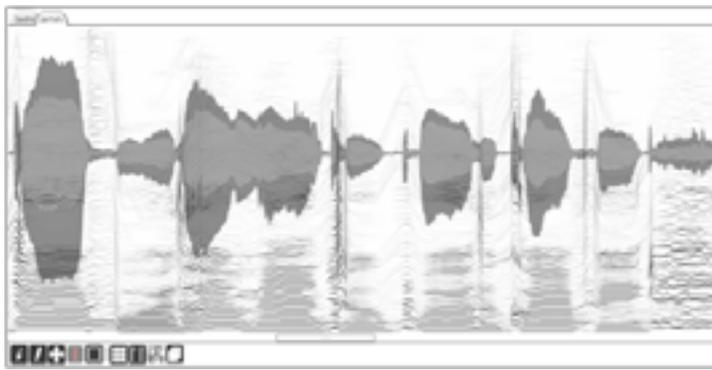
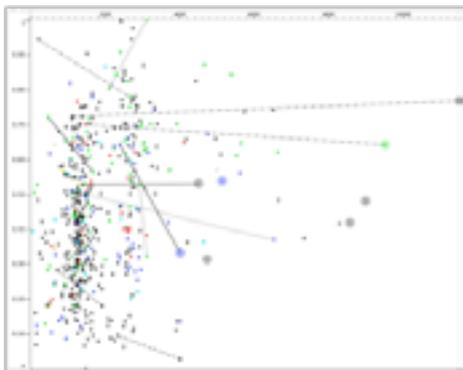
MuBu (pour « Multi-Buffer ») pour Max/MSP est un ensemble de modules de représentation et de traitement du signal pour Max/MSP autour d'un « container » de données temporelles. Le container de MuBu est optimisé pour la représentation en mémoire de données temporelles, considérant de multiples représentations comme des signaux, des descripteurs, des segmentations et des annotations du son, du geste et du mouvement. Des représentations musicales symboliques simplifiées et des paramètres de contrôle de synthèse et de la spatialisation peuvent être également intégrés.

Le développement de ces modules repose sur l'expérience acquise lors des développements de la bibliothèque FTM & Co ainsi que sur des développements des composants logiciels dans le cadre des projets de recherche (bibliothèques *MuBu*, *ZsaZsa* et *RTA*).

### ■ Principales fonctions réalisées

- Optimisation et documentation de l'ensemble de modules Max/MSP ;
- importation et sauvegarde de contenus (SDIF, MIDI standard files, MusicXML, texte) ;
- extension du module de synthèse granulaire par un mode de synthèse synchrone (PSOLA) ;
- extension du module de synthèse concaténative par un mode de préservation de rythme
- Création d'une interface client au container permettant la connexion de modules indépendants ;
- intégration de multiples nouvelles fonctionnalités comme copier-coller et la gestion de fichiers audio ;
- exemples d'utilisation (synthèse granulaire, concaténative et additive, audio mosaicing, synthèse concaténative par corpus contrôlé par descripteurs) ;
- version du moteur IAE portable intégré en iOS, préparation de l'intégration en Unity3D.

## IMTREDITOR



### ■ Descriptif

ImtrEditor est un ensemble de modules d'affichage et d'édition de données, alignés temporellement et complètement configurables, écrit en C++ et basé sur le Framework Juce. Il est actuellement utilisé pour l'affichage des structures de données FTM (ftm.editor) et MuBu (imubu). Il est donc également utilisé pour le suivi de gestes.

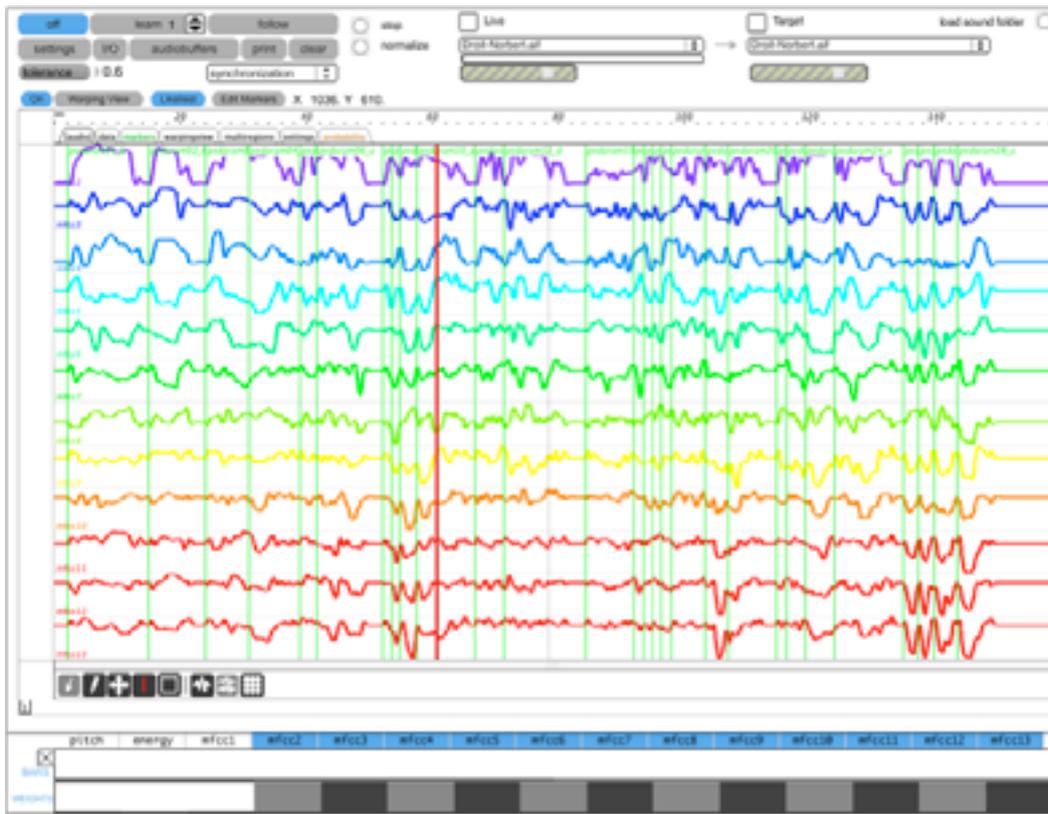
### ■ Développements principaux

Les principaux efforts de développement ont été dirigés vers l'amélioration de la stabilité et de la performance, l'amélioration de l'ergonomie, en repensant les composants graphiques existants et en ajoutant de nouveaux, et l'intégration de nouvelles fonctionnalités liées aux besoins du suivi de gestes et d'autres projets de l'équipe.

Parmi de nombreuses améliorations, notons :

- une view « Info », pour l'affichage et l'édition du contenu de l'« info table » de chaque track ;
- une view « Summary », pour l'affichage et l'édition de l'état d'une même track dans tous les buffers ;
- une view « Summary » intégrée au composant buffer-Chooser, pour afficher et éditer l'état courant de toutes les tracks d'un buffer ;
- une nouvelle view Scatterplot ;
- plusieurs nouvelles propriétés pour les views comme, entre autres : font size et font style ; un colormode « pattern » pour le multiwave et le multibpf (permettant de définir les couleurs de chaque ligne indépendamment) ; hidewhennotforemost qui cache automatiquement une view quand n'est plus foremost ;
- finalisation du copy and paste ;
- le domaine permet des bornes négatives ;
- le composant toolbar peut être rétractable.

## GF (SUIVI CONTINU)



### ■ Descriptif

L'objet *gf* (pour gesture follower) permet de reconnaître et de suivre l'évolution temporelle de morphologies gestuelles et/ou sonores. L'objet compare en temps réel un flux de données avec un ensemble de « phrases » préenregistrées. Deux types d'informations en sortie sont continuellement mis à jour :

- « likelihood » = « similarité » entre le flux de données entrant et les phrases enregistrées ;
- « Time index » = index indiquant la progression temporelle d'une phrase.

L'objet *gf* fonctionne avec tout type de données multidimensionnelles, régulièrement échantillonnées dans le temps comme des données de capteurs, des descripteurs sonores, des descripteurs d'images, etc. La méthode repose sur une modélisation des courbes temporelles multidimensionnelles basée sur des modèles de Markov.

### ■ Principales fonctions réalisées

Un module complet est réalisé en se basant sur la librairie MuBu, ce qui permet, entre autre, d'utiliser l'objet d'édition et de visualisation de données iMuBu.

Parmi les nouvelles fonctionnalités, notons :

- sauvegarde et chargement des données et configuration en format MuBu et text ;
- track « Settings » pour l'affichage et l'édition de la configuration du *gf* ;
- fonctionnalité de batch processing, qui permet l'utilisation du *gf* en mode offline sur des données pré chargées ;
- track « Probability » pour la visualisation de la fonction de probabilité qui est utilisée pour l'estimation de l'index temporel.

## IAE

### ■ Descriptif

La IMTR Audio Engine (IAE) est un moteur de synthèse sonore par descripteurs. Permettant des fonctionnalités similaires à MuBu pour Max/MSP, le moteur intègre les mêmes bibliothèques développées par l'équipe dans une classe C++ portable et optimisée :

- MuBu, container de données temporelles ;
- ZsaZsa, moteur de synthèse granulaire et concaténative ;
- RTA, analyse et modélisation de données.

Dans le cadre du projet Topophonie, le moteur a été intégré en tant que plugin de l'environnement de d'animation graphique 3D Unity sur Mac OS X et iOS ainsi que dans un module expérimental de Max/MSP.

### ■ Principales fonctions réalisées

- première version complète du moteur ;
- extension du moteur pour pouvoir traiter multiples voix de synthèse ;
- intégration dans un plugin Unity Mac OS X et iOS ;
- Intégration expérimentale dans Max/MSP.

## SUPERVP POUR MAX/MSP

### ■ Descriptif

SuperVP pour Max/MSP est un ensemble de modules Max/MSP qui intègre le moteur d'analyse/synthèse sonore SuperVP. L'ensemble comprend six modules Max/MSP qui permettent la transformation en temps réel des flux sonores et de sons préalablement enregistrés :

- `supervp.play~` et `supervp.scrub~...` transformation de sons préalablement enregistrés ;
- `supervp.ring~...` transformation d'un flux temps réel dans un tampon circulaire ;
- `supervp.trans~...` transformation d'un flux sonore entrant en temps réel ;
- `supervp.cross~` et `supervp.sourcefilter~...` synthèse croisée.

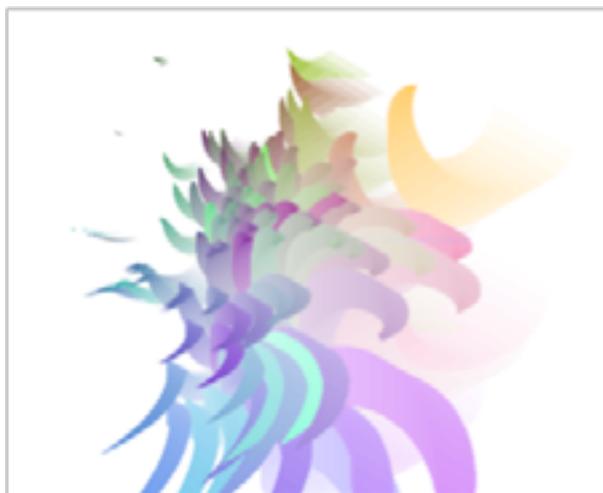
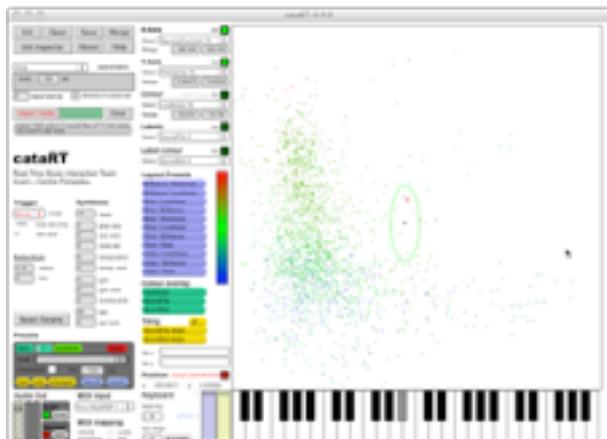
Les fonctionnalités fournies par les modules comprennent :

- dilatation temporelle avec préservation des transitoires ;
- transposition de la hauteur avec préservation de l'enveloppe spectrale (timbre) ;
- déformation séparée de l'enveloppe spectrale (timbre) ;
- remixages des composants sinusoïdaux, bruités et transitoires du signal ;
- synthèse croisée généralisée ;
- synthèse croisée source-filtre.

### ■ Principales fonctions réalisées

L'ensemble des six modules a été maintenu en suivant l'évolution des différentes versions du moteur SuperVP intégrant diverses améliorations et optimisations.

## CATART



### ■ Descriptif

La synthèse concaténative par corpus utilise une base de données de sons enregistrés, et un algorithme de sélection d'unités qui permet de choisir les segments de la base de données, afin de synthétiser par concaténation une séquence musicale. La sélection est fondée sur les caractéristiques de l'enregistrement, qui sont obtenues par analyse du signal et correspondent par exemple à la hauteur, à l'énergie ou au spectre.

La mise en œuvre en temps réel de cette nouvelle approche de la synthèse sonore par le système CataRT permet une exploration interactive d'une base sonore et une composition granulaire ciblée par des caractéristiques sonores précises. Elle permet aux compositeurs et musiciens d'atteindre de nouvelles sonorités, et aux designers sonores de rapidement explorer un corpus sonore constitué par un grand nombre d'enregistrements.

Le système modulaire CataRT de synthèse concaténative par corpus interactif en temps réel est implémenté dans Max/MSP avec les extensions FTM, Gabor et MnM. L'interaction repose sur une interface simple consistant en l'affichage d'une projection 2D de l'espace de descripteurs, et une navigation avec la souris, où les grains sont sélectionnés et joués par proximité géométrique.

### ■ Principales fonctions réalisées

Nouvelles versions 1.1.2 à 1.2.1 avec les points principaux suivants :

- exportation des corpus en format SDIF compatible IAE pour servir de système auteur pour l'édition et la paramétrisation des processus sonores dans Topophonie ;
- amélioration des modules d'affichage ;
- amélioration de la documentation ;
- nouvelle version de la version application standalone avec interface simplifiée et documentation utilisateur complète, intégration de la protection pour le Forum.

## IRCAMDESCRIPTOR~

### ■ Descriptif

La bibliothèque de fonctions et templates C++ *IrcamDescriptor* de l'équipe Analyse/synthèse calcule un grand nombre de descripteurs audio instantanés à partir de fichiers sons. En 2011 il a été intégré en temps réel dans Max/MSP et distribué aux utilisateurs (RIMs) et Forum.

### ■ Principales fonctions réalisées

Les premiers retours d'utilisation ont permis de valider la fonctionnalité existante, de corriger certaines inconsistances dans la bibliothèque sous-jacente, augmentant la stabilité de certains descripteurs, et d'ajouter d'autres fonctions, comme l'analyse off-line et l'accès à des paramètres supplémentaires.

## FUZZYLIB

### ■ Descriptif

FuzzyLib est une bibliothèque de logique floue pour Max/MSP. Elle permet la « fuzzification » de phénomènes numériques (représentation sémantique), le raisonnement incertain, et la defuzzification (passage d'une représentation sémantique à une valeur numérique).

Dans cette version 1 de la librairie, l'ensemble des implications floues, des t-normes et t-conormes de la littérature ont été implémentées. La seule restriction pour des raisons de temps de calcul, est que les valeurs en entrée lors de la fuzzification doivent être considérées comme précises.

## OPENMUSIC

### ■ Descriptif

OpenMusic (OM) est un environnement de programmation visuelle pour la composition ou l'analyse musicale assistées par ordinateur. OM offre à l'utilisateur de nombreux modules associés à des fonctions, connectés les uns aux autres pour constituer un programme (ou *patch*) permettant de générer ou transformer des structures et données musicales. OM propose également de nombreux éditeurs permettant de manipuler ces données, ainsi que des bibliothèques spécialisées dans des domaines comme l'analyse/synthèse sonore, les modèles mathématiques, la résolution des problèmes de contraintes, etc. Des interfaces originales comme l'éditeur de *maquettes* permettent également de construire des structures intégrant relations fonctionnelles et temporelles entre les objets musicaux. OpenMusic est utilisé par un grand nombre de compositeurs et de musicologues. Il est enseigné dans les principaux centres d'informatique musicale ainsi que dans plusieurs universités en Europe et aux États-Unis.

### ■ Principales fonctions réalisées

Les versions 6.4 et 6.5 de l'environnement OpenMusic ont été distribuées en 2011. La distribution libre de l'environnement OpenMusic (mars 2011/OM 6.4) a visiblement dynamisé sa communauté d'utilisateurs. Nous comptons une moyenne de 400 téléchargements par mois sur le site OpenMusic (qui s'additionnent aux téléchargements sur ForumNet, non comptabilisés). OpenMusic a été sélectionné et présenté au programme de la conférence ACM MultiMedia dans le cadre d'«open source software competition» et en démonstration lors du symposium IEEE sur les langages visuels (VL/HCC 2011), témoignant d'un impact dans une communauté scientifique dépassant le cadre de la création musicale. La rédaction du manuel utilisateur a été complétée pour les parties audio, MIDI et SDIF, ainsi que les tutoriels d'un certain nombre de bibliothèques distribuées au Forum.

### Fonctionnalités générales (quelques nouveautés)

- gestion des bibliothèques externes (affichage, «versionnage», documentation);
- raccourcis et facilités de programmation visuelle;
- gestion des erreurs et protection de la sauvegarde des documents;
- réduction des dépendances externes (SDIF, audio).

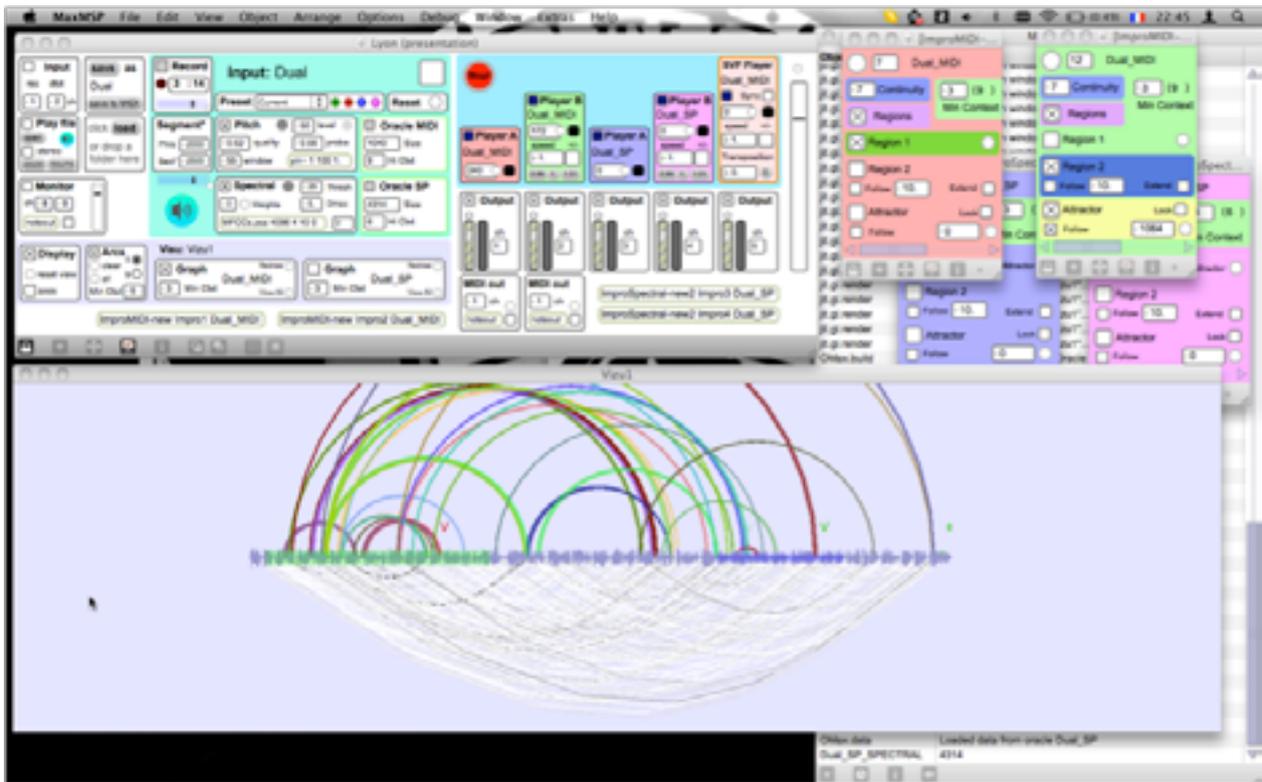
### Objets et éditeurs

- amélioration des éditeurs BPF/BPC/3DC;
- génération/manipulation de BPFs: échantillonnage, décalages, «crossfade», ADSR, vibrato;
- améliorations de l'objet TIME-ARRAY;
- nouvel éditeur SDIFFILE;
- fonctions de lecture, inspection, conversion des données SDIF;
- OMSHEET;
- enregistrement Audio (fonction et éditeur);
- support pour l'ajout de players et éditeurs audio externes.

### Bibliothèques Forum (synthèse et spatialisation)

- OM-Chant 1.1/1.2: options pour la synthèse, mise à jour et compatibilité du moteur CHANT;
- OM-Orchidée 1.1: compatibilité avec la distribution Orchidée Forum (communication OSC, messages d'erreurs, etc.), gestion de la base de données, tutoriels;
- OM-Spat 2.1/2.2: description des sources, communication/streaming SDIF avec Spat-SDIF-Player, contrôle de l'orientation, directivité, et intégration des paramètres perceptifs du Spat~;
- OMChroma: Classes «CHANT»: CH-FOF, CH-F0, CH-REB... et modules de contrôle du synthétiseur via OM-Chant.

## OMAX 4.5.1



### ■ Descriptif

OMax est un environnement pour l'improvisation avec ordinateur qui analyse, modélise et réimprovise en temps réel le jeu d'un ou de plusieurs instrumentistes, en audio ou en Midi. OMax est basé sur une représentation informatique nommée «Oracle des facteurs», un graphe qui interconnecte tous les motifs des plus petits aux plus grands et fournit donc une carte de navigation dans la logique motivique apprise de l'instrumentiste, engendrant ainsi un grand nombre de variations cohérentes stylistiquement. OMax base sa reconnaissance soit sur des notes (suivi de hauteurs), soit sur des timbres (suivi spectral) soit sur des textures symboliques (Midi). OMax 4 est une version entièrement nouvelle réécrite en C et en MaX.

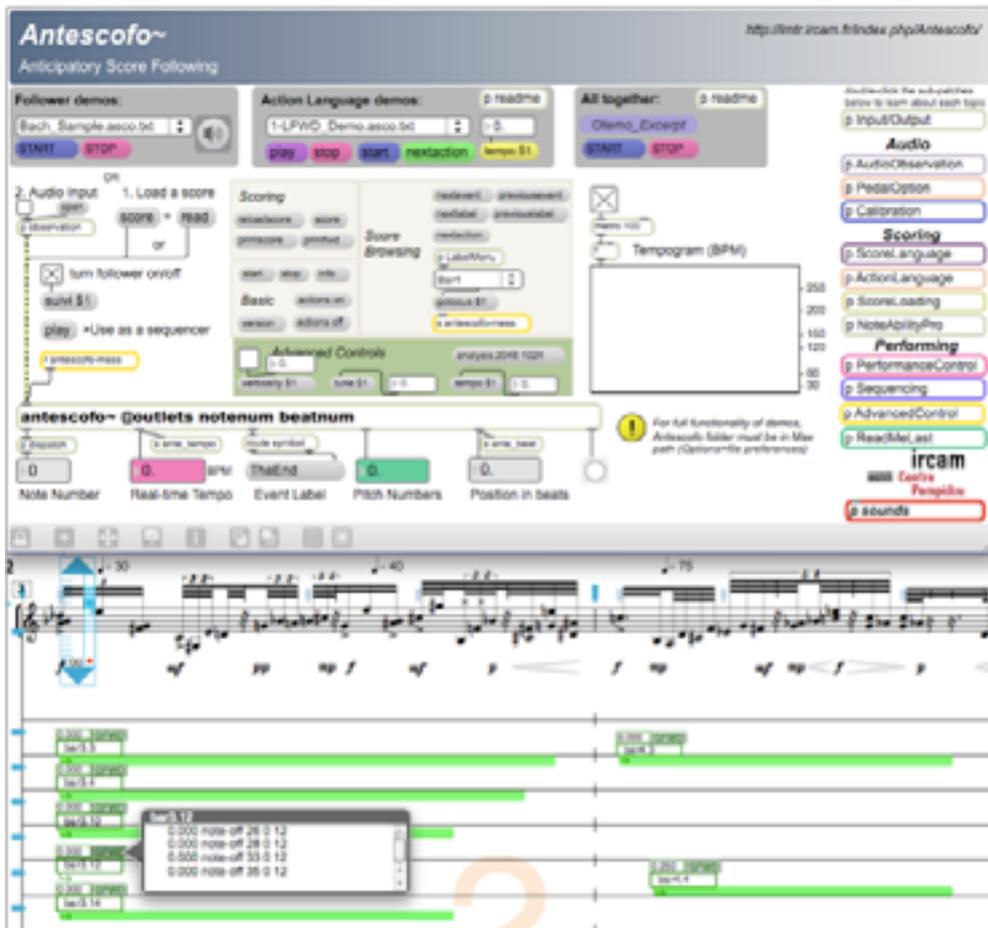
### ■ Fonctionnalités générales

L'architecture est maintenant intégralement modulaire, ce qui permet la multiplication des entrées-sorties et des voix de polyphonie et leur multiplexage, elle incorpore un module de visualisation qui affiche simultanément plusieurs modèles indépendants (pitch, spectral) sur une même séquence d'entrée et permet de les contrôler.

### ■ Nouvelles fonctions

- nouvel algorithme de construction de l'oracle plus optimisé et plus complet ;
- prise de son et rendu multicanal des instruments possible en mono, stéréo ou quatre pistes ;
- architecture multimodèles : représenter et conduire simultanément des modèles d'une même séquence d'entrée différant par leur paramétrage ou leur contenu (pitch, timbre, textures) ;
- modules pour contrôleurs gestuels externes ;
- interfaçage expérimental avec le gesture follower pour démarrer et arrêter les improvisations ;
- séparation des données de segmentation de la séquence et de la topologie du graphe de motifs, facilitant l'architecture multimodèle.

## ANTESCOFO



### ■ Descriptif

Antescofo est un système de suivi de partition modulaire et un langage de programmation synchrone pour la composition musicale. Le module permet la reconnaissance automatique de la position dans la partition et le tempo du musicien en temps réel, permettant ainsi de synchroniser une performance instrumentale avec celle d'une partition virtuelle informatique. Antescofo réunit la description de la partie instrumentale et électronique dans la même partition, et grâce à un langage synchrone conçu pour la pratique de musique mixte, afin d'augmenter l'expressivité lors de l'écriture des processus temps réel et proche au langage commun des artistes pour l'écriture du temps et de l'interaction. Après le chargement de la partition, Antescofo est capable de suivre la position et tempo des musiciens en temps réel et synchroniser les actions programmées pour la partie d'informatique musicale (déclenchement et contrôle de la partie électronique). Antescofo prend comme entrée un flux d'audio polyphonique.

En 2011, Antescofo a été déployé dans 11 créations artistiques de l'Ircam à travers le monde et utilisé dans plus de 20 événements artistiques concernant l'Ircam. La diffusion d'Antescofo dans le Forum Ircam a permis une visibilité plus large auprès de la communauté d'informatique musicale avec des utilisations diverses. Les événements et réper-

toires d'Antescofo pour les œuvres réalisées à l'Ircam sont documentés sur le site du logiciel : <http://repmus.ircam.fr/antescofo>

Antescofo est lauréat du prix spécial du jury du magazine La recherche en 2011.

### ■ Principales fonctions réalisées

La version 0.4x distribuée en 2011 est une mise à jour majeure concernant la partie reconnaissance et langage d'Antescofo et distribuée dans l'offre Ircam Forum Recherche.

Fonctionnalités nouvelles :

- reconnaissance temps réel polyphonique pour piano avec prise en compte de la pédale ;
- prise en compte des glissandi dans la reconnaissance ;
- intégration du suivi MIDI polyphonique ;
- possibilité d'écrire et suivre des partitions ouvertes ;
- intégration de l'écriture rationnelle pour le temps ;
- intégration des appels hiérarchiques et extension des macros dans le langage ;
- intégration des stratégies de synchronisation dans le langage et moteur d'exécution.

## ORCHIDÉE/ORCHIS



### ■ Descriptif

Orchidée est un logiciel pour l'aide à l'orchestration unique en son genre issu des thèses de doctorat de Grégoire Carpentier ww et Damien Tardieu, et dont les futures extensions (orchestration dynamique) font l'objet d'une nouvelle thèse. Il est organisé en une interface cliente MaX (Orchis) et un serveur MatLab dont le fonctionnement est transparent pour l'utilisateur. Il est aussi possible d'utiliser une interface cliente en OpenMusic (OM-Orchidée). À partir d'exemples cibles fournis par l'utilisateur (sources audio réalistes ou synthétiques), Orchidée balaye une importante base de données d'échantillons instrumentaux dans tous les registres et modes de jeux et cherche des mixtures instrumentales dont le timbre est aussi proche que possible de la cible sonore. Ce principe d'orchestration imitative délivre des mixtures orchestrales inédites et très performantes sur le plan sonore. Orchidée utilise une technologie originale à base d'algorithmes génétiques, d'optimisation multicritères et de contraintes formelles (qui permettent notamment de restreindre le champ des solutions selon l'effectif souhaité, le jeu polyphonique ou monodique par instruments, etc.) Un aspect intéressant d'Orchis est la possibilité qu'il offre de se déplacer graphiquement et auditivement dans l'espace des solutions (le logiciel propose en effet un grand nombre de solutions possibles plus ou moins proches de l'optimum) augmentant ainsi l'expressivité de l'outil.

### ■ Principales fonctions réalisées

En 2011, la version 0.3.3 a été mise à jour et intégrée à l'offre Ircam Forum « Recherche » en association avec une base de données de sons issus de SOL (Studio On Line) de plusieurs gigaoctets, découpée en segments de manière à pouvoir être téléchargée par les utilisateurs.



## ATO-MS



### ■ Descriptif

ATO-MS est un système d'orchestration musicale. Celui-ci est basé sur des heuristiques d'optimisation multi-objectifs permettant de trouver des combinaisons orchestrales reproduisant au mieux l'évolution temporelle et caractéristique spectrales d'une cible sonore.

Dans ce système, l'utilisateur spécifie son effectif instrumental et une cible sonore à reproduire. L'utilisateur peut également définir un ensemble de courbes temporelles à approcher (cible abstraite), chacune définissant une caractéristique sonore désirée. L'algorithme permet de trouver des mélanges instrumentaux et même des enchaînements orchestraux temporels s'approchant de la volonté musicale de son utilisateur.

### ■ Principales fonctions réalisées

- algorithme de recherche : problématique multi-objectifs permettant de prendre en compte le caractère multidimensionnel de la perception sonore. Les résultats sont ainsi présentés sur des espaces d'optimisation conjointe. Deux algorithmes de recherches distincts sont disponibles et tous leurs paramètres sont accessibles ;
- modélisation temporelle : les solutions proposées sont conscientes du temps et les instruments peuvent se déplacer sur l'axe temporel pour mieux correspondre à l'évolution temporelle des descripteurs sonores ;
- base de données sonore intelligente : système de recherche temporelle permettant aux utilisateurs de retrouver efficacement des échantillons sonores dans une base de données en fonction de l'évolution temporelle de leurs descripteurs spectraux. Possibilité de recherche multi-objectifs sur plusieurs séries temporelles simultanées. Utilisation d'une base SQL permettant une source de connaissance potentiellement infinie ;
- cible sonore : l'utilisateur peut utiliser un fichier sonore et avoir accès à ses propriétés spectrales. Possibilité de modifier intégralement les courbes et valeurs à optimiser ;
- cibles multiples : flexibilité par l'utilisation possible de cibles multiples simultanées, optimiser conjointement certains descripteurs d'une cible avec ceux d'une autre ;
- cible abstraite : définition d'une cible abstraite où l'utilisateur peut entrer directement des formes temporelles ainsi que leur moyenne et écart type à optimiser ;
- macro-articulations orchestrales : grâce à l'intégration du système de notation musicale Bach, le système permet une approche exploratoire des macro-articulations orchestrales. Les solutions sont présentées sous forme d'une partition et une fonctionnalité de timeline permet d'explorer les enchaînements orchestraux ;
- système architecturé autour d'une conceptualisation de programmation orientée objet, de structure extensible et modulaire qui peut permettre la modification, l'extension et même l'introduction de tâches et méthodes de résolution radicalement différentes ;
- possibilité de sauvegarder/recharger son espace de travail (sauvegarde du problème, des descripteurs, solutions, timeline, orchestre et filtres) ;
- le système est basé sur une architecture client/serveur qui fonctionne de manière indépendante. L'utilisateur peut donc créer son interface avec le serveur pour y développer ses propres fonctionnalités ;
- le système de notation Bach inclut de nombreuses possibilités d'édition et de synthèse pour permettre un couplage rapide avec d'autres modules ;
- système de report automatisé permettant la mise en ligne et le partage des fonctionnalités et erreurs sous forme d'un wiki.





## LES RESSOURCES



## LES RESSOURCES HUMAINES

Organisme associé du Centre Pompidou, les statuts du personnel de l'Ircam et la grille de rémunération appliquée sont calqués sur ceux du Centre Pompidou (qui est composé principalement d'agents publics).

Association de droit privé, la population de l'Ircam est soumise aux règles du droit privé du travail. La communauté de travail de l'Ircam est bien plus vaste que les salariés permanents. Elle s'étend, avec l'UMR, les doctorants, les formations hébergées, les artistes présents, les intermittents du spectacle, elle est composée de métiers très différenciés, de profils et de compétences multiples qui contribuent au fonctionnement de ce lieu particulier, incarnation de la relation dans la durée entre artistes et chercheurs.

En 2011, l'Ircam a enregistré des mouvements de personnel importants pour son organisation. Après 34 ans d'existence, l'Ircam a connu le départ de membres de la génération des pionniers qui a façonné son histoire, comme le directeur de la Production, le directeur de la Médiathèque et le directeur financier. Une nouvelle génération a pris la relève. D'autre part, la reprise de l'activité de l'académie Acanthes a permis à l'Ircam d'intégrer trois collaborateurs de l'association ACDA.

La mobilisation du personnel de l'Ircam est essentielle à son succès et se fait tant par l'animation des instances de dialogue social (Comité d'Entreprise, Comité d'Hygiène et de Sécurité et des Conditions de Travail), que par l'organisation de réunions plénières, la diffusion d'un agenda interne commun et de la mise en œuvre d'entretiens annuels.

### LE PLAN D'ACTION ÉGALITÉ PROFESSIONNELLE HOMMES-FEMMES

Aux termes de l'article 99 de la loi du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites, les entreprises d'au moins 50 salariés sont soumises à une pénalité à la charge de l'employeur lorsqu'elles ne sont pas couvertes par un accord relatif à l'égalité professionnelle mentionné à l'article L. 2242-5 (Code du travail) ou, à défaut d'accord, par les objectifs et les mesures constituant le plan d'action défini dans les rapports prévus aux articles L. 2323-47 (entreprise - de 300 salariés) et L. 2323-57 (entreprise + de 300 salariés).

L'article R. 2242-2 du Décret n°2011-822 du 7 juillet 2011 prévoit que «...le plan d'action prévu à l'article L. 2242-5-1 fixe les objectifs de progression et les actions permettant de les atteindre portant sur au moins deux des domaines d'action mentionnés au troisième alinéa de l'article L. 2323-47 pour les entreprises de moins de 300 salariés... Ces objectifs et ces actions sont accompagnés d'indicateurs chiffrés. »

Les domaines d'action sont :

- l'embauche ;
- la formation ;
- la promotion professionnelle ;
- la qualification ;
- la classification ;
- les conditions de travail ;
- la rémunération effective ;
- l'articulation entre l'activité professionnelle et l'exercice de la responsabilité familiale.

La Direction, en concertation avec les membres du Comité de Direction, et à l'issue d'un travail collaboratif avec les instances représentatives du personnel, DUP (Délégation Unique du Personnel) et CHSCT (Comité d'hygiène et sécurité), a mis en œuvre un Plan d'action relatif à l'égalité professionnelle entre les hommes et les femmes, au 1<sup>er</sup> janvier 2012.

Ce sujet revêt une importance particulière à l'Ircam, puisque 71 % de l'effectif légal (CDI, CDD) représente des hommes et 29 % des femmes (source : Rapport annuel 2010).

Au-delà du diagnostic chiffré et du tableau synthétique de la situation comparée de l'égalité professionnelle entre les hommes et les femmes, la Direction, en accord avec les représentants du personnel, qui ont émis un avis favorable au Plan d'action au cours de la réunion extraordinaire du 3 janvier 2012, a décidé de répondre aux objectifs suivants :

- la promotion de la mixité des emplois au sein de l'institut (domaine d'action 1 : « l'embauche ») ;
- le renforcement de l'équilibre entre vie professionnelle et parentalité (domaine d'action 2 : articulation entre l'activité professionnelle et l'exercice de la responsabilité familiale »).

Ces 2 domaines d'action reposent sur la mise en œuvre des 5 mesures suivantes :

- 1) une démarche de formation/sensibilisation des collaborateurs recruteurs ;
- 2) un processus de recrutement revisité ;
- 3) pour les parents : l'expérimentation du dispositif « des mercredis scolaires » ;
- 4) pour les femmes enceintes : un aménagement spécifique du temps de travail ;
- 5) pour les nouveaux pères : la remise systématique d'une d'information leur précisant leurs droits à congés.

Ces 5 actions feront l'objet d'un bilan de réalisation à la fin de l'année 2012 ; qui sera intégré au Rapport annuel sur la situation économique 2012.

## LE PLAN D'ACTION DE PRÉVENTION DE LA PÉNIBILITÉ

La loi du 9 novembre 2010 (devenu l'article L.138-29 du Code de la sécurité sociale) portant réforme des retraites a introduit en son titre IV sur la pénibilité du parcours professionnel diverses mesures relatives à la prise en compte de la pénibilité, au travail.

L'article 77 instaure pour les entreprises d'au moins 50 salariés et dont au moins 50 % des salariés sont exposés à des risques liés à la pénibilité l'obligation de négocier un accord d'entreprise ou d'élaborer un plan d'action en faveur de la prévention de la pénibilité. À défaut, elles encourent une pénalité de 1 % de la masse salariale.

La loi portant réforme des retraites a prévu également d'autres dispositifs visant la prévention de la pénibilité :

- l'employeur doit déterminer la proportion des salariés exposés et l'indiquer en annexe du Document unique d'évaluation des risques (DU) et l'actualiser notamment lors de la mise à jour annuelle du DU ;
- le suivi des salariés exposés à des facteurs de risques de pénibilité doit être consigné dans une fiche individuelle, qui complète le dossier médical en santé au travail de chaque travailleur.

Suite à l'analyse du Document unique, de la Fiche entreprise réalisée par la Médecin du travail, et celles des postes, des situations ou des activités de travail impliquant une exposition, significative à un ou plusieurs des facteurs de pénibilité, la Direction et le CHSCT se sont entendus pour identifier 2 facteurs de pénibilité ainsi que les salariés exposés :

- les manutentions manuelles, qui concernent 12 collaborateurs ;
- et les agents chimiques dangereux y compris les poussières et les fumées, qui concernent 1 collaborateur.

Compte tenu de la structure de l'Ircam et du diagnostic préalable, seulement 10 % des salariés sont soumis à des facteurs de pénibilité tels que décrits par la loi.

L'obligation de conclure un plan d'action en faveur de la prévention de la pénibilité au travail ne concerne donc pas l'Ircam.

Cela étant dit, le diagnostic préalable a reçu un avis favorable du CHSCT au cours de la réunion trimestrielle du 10 novembre 2011. La proportion des salariés exposés, déterminés par l'employeur, est consignée en Annexe du Document unique d'évaluation des risques (DU).

Une liste des salariés exposés est remise au Médecin du travail, ainsi que les fiches individuelles.

## REPRISE DE L'EFFECTIF ACDA, ACADÉMIE ACANTHES

Le développement par l'Ircam d'un projet d'académie est annoncé dès la plénière du 30 novembre 2010 et présenté comme un objectif du second mandat du directeur de l'Ircam. La conjonction du souhait de Claude Samuel fondateur de l'académie Acanthes de passer la main, le soutien annoncé par la DGCA et la SACEM à un projet d'académie renouvelé, le soutien de partenaires artistiques ont permis à l'Ircam de reprendre l'activité d'académie de l'association ACDA. Le projet de reprise de l'académie Acanthes et son déploiement au sein de l'Ircam ont été présentés à la DUP, lors de sa réunion mensuelle du 26 mai 2011, puis, dans celle du 30 juin 2011, la Direction précise les conditions d'intégration des 3 collaborateurs de l'association ACDA.

À partir de cette date, les rendez-vous avec ces futurs collaborateurs se multiplient tout au long de l'été afin de redéfinir les missions de chacun au sein de notre organisation qu'ils ont rejointe dès le 1<sup>er</sup> septembre 2011.

Les postes sont répartis comme suit : une chargée de production et un régisseur général au sein du département Création ; une chargée de production pédagogique au sein du département Pédagogie et actions culturelles.

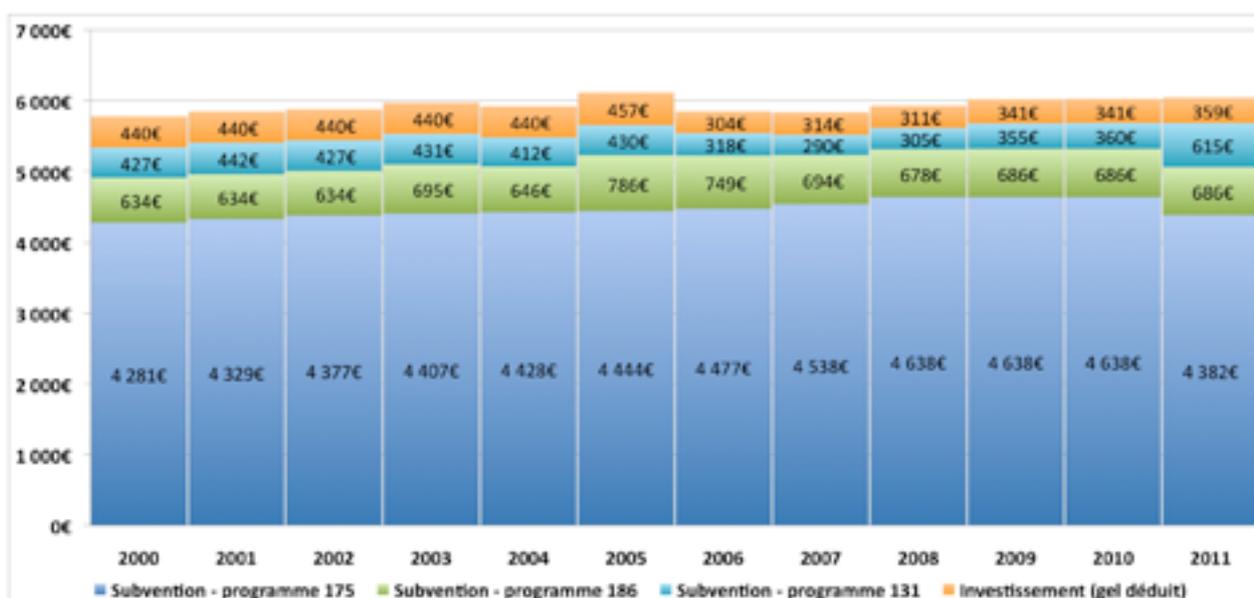
## MOYENS FINANCIERS

Budget de l'Ircam 2011 (en k€)			
<b>Fonctionnement</b>			
<b>Dépenses</b>		<b>Recettes</b>	
Personnel	7 019	Subvention de l'État	5 497
Autres charges	3 675	Contrats de recherche	1 700
		Prestations de service	576
		Partenariat & mécénat	192
		Prestation du CGP	978
		Autres produits	1 751
<b>Total</b>	<b>10 694</b>		<b>10 694</b>
<b>Équipement</b>			
<b>Dépenses</b>		<b>Recettes</b>	
Matériel Audiovisuel	354	Subvention de l'État	359
Matériel informatique	210	Capacité d'autofinancement	42
Divers	174	Région Ile-de-France	296
Augmentation du Fonds de roulement	39	UPMC	80
<b>Total</b>	<b>777</b>		<b>777</b>

Le budget de l'Ircam s'établit à 10 694 k€ pour son fonctionnement et à 777 k€ pour les investissements en 2011.

La situation financière de l'institut est dégradée malgré une dynamique d'activité positive

Le financement attribué par le ministère de la Culture et de la communication au titre des différents programmes est stable en euros courants depuis 2000, soit en régression en euros constants (le graphique rattache la subvention exceptionnelle perçue en 2010 à son exercice d'utilisation - 2011).



## LE SOCLE DE FINANCEMENT PERMANENT PAR LA SUBVENTION EST EN DÉGRADATION RÉGULIÈRE

Le total du financement issu des subventions de fonctionnement et d'investissement s'élève à 6 042 k€ en 2011 contre 5 782 k€ en 2000. Ce socle s'accroît de 4,49 %, alors que l'érosion monétaire s'élève à 21,0 % (source insee), soit une perte de pouvoir d'intervention d'un montant global de 954 k€.

- La subvention principale est issue du programme 175 géré par la Direction générale des patrimoines (DGP) et versée par le Centre Pompidou. Non seulement elle n'a pas fait l'objet d'une réévaluation suffisante au cours des dernières années (4 382 k€ en 2010, contre 4 281 k€ en 2000) mais sa base a été réduite en 2011 suite à l'application d'une réduction permanente de 5 % pour un montant de 255 k€.
- La subvention issue du programme 186 gérée par le Secrétariat général au titre de la mission recherche (685 k€ en 2010) s'est vue réduite de 60 k€ depuis la mise en place de LOLF en 2006 et n'a pas fait l'objet de réajustement.
- La subvention issue du programme 131 bénéficie du soutien de la DGCA. Depuis 2007, son montant est en évolution positive. Une subvention exceptionnelle de 255 k€ a été versée en 2010 et utilisée en 2011. Elle a permis d'éviter de faire porter en 2011 les éventuelles conséquences de la réduction de subvention et de mettre en œuvre le décroisement des subventions entre le Centre Pompidou et l'Ircam.
- Les autres subventions (prestation CP/amortissements) sont en diminution. Le budget d'investissement de l'institut a subi un gel appliqué à l'investissement qui a réduit la capacité de renouvellement de l'équipement et accéléré son obsolescence, ce qui n'est pas compatible avec l'objectif d'excellence (359 k€ en 2011 contre 440 k€ avant 2005, suite au gel de subvention de 5 % en 2006 et en 2007, de 6 % en 2008, 2009, 2010, et 2011).

Le financement de l'institut par le ministère de la Culture et de la communication va évoluer dans sa mise en œuvre tout en consolidant la subvention de base à son niveau antérieur à 2011. Ainsi, le principe d'un décroisement des financements entre l'Ircam et le Centre Pompidou a été acté en 2011. La Direction générale de la création artistique (DGCA) va prendre en charge le financement de l'Ircam dès 2012. Le montant de la subvention issue du programme 175 (patrimoine) a été transféré au programme 131 qui, en prenant le relais du Centre Pompidou, deviendra la principale source de financement de l'institut.

D'autre part, la DGCA a pérennisé la subvention exceptionnelle versée en 2010 pour compenser la réduction de base de 255 k€ du programme 175. Cette décision a permis d'éviter un programme de réduction de l'activité de l'institut.

Le programme 186 au titre de la mission recherche n'est pas concerné par ce changement.

## DES RECETTES PROPRES DYNAMIQUES

L'Ircam a pu financer la dernière tranche d'équipement WFS de l'Espace de projection grâce à la participation de l'UPMC qui a permis d'effectuer l'apport nécessaire au déclenchement du financement de la région Ile-de-France accordé en 2006.

Les recettes propres sont de 28,5 % du budget grâce au succès des financements sur appel à projet de la R & D ou de produits de valorisation. Les recettes de création croissent par la programmation en diffusion, l'augmentation de la fréquentation et du nombre de coproductions. Il convient de souligner l'excellence des performances atteintes et leur limite, aucune croissance n'est aujourd'hui possible, les espaces sont utilisés au maximum de leur capacité.

Ce manque de ressource oblige à être inventif en permanence. Plusieurs initiatives ont été prises : le mécénat représente 192 k€, soit 1,8 % du budget, les projets artistiques s'inscrivent dès leur conception dans un schéma de mutualisation avec le développement de nombreux partenariats permettant la bonne fin des projets ambitieux. Ainsi, la participation de l'Ircam à l'initiative de projets d'opéra n'est possible que par la mobilisation des lieux de production. Mais faute de moyen, ces créations ne sont souvent pas visible à Paris.

Les finances de l'institut restent très tendues, l'énergie de l'organisation est très investie dans le financement sur projet, le mécénat, les coproductions, les réseaux, la valorisation, tous les axes sur lesquels l'Ircam peut agir directement sont mis à contribution pour assurer le meilleur impact des activités.

Performant dans tous ses champs d'action, l'Ircam doit voir sa subvention de fonctionnement réévaluée et compenser le déséquilibre structurel pour l'accompagner sur la voie de l'excellence scientifique, artistique et pédagogique.

Le rattachement du financement de l'Ircam principalement au programme 131 géré par la Direction générale de la création artistique (DGCA) sera-t-il un prélude à une meilleure prise en compte de la dynamique propre de l'institut ?

Ressources affectées à l'UMR STMS en 2011 (en K€)			
Fonctionnement (estimation des partenaires)			
Dépenses		Recettes	
Personnels Ircam	<b>1 794</b>	Ircam - MCC	<b>2 620</b>
Personnels CNRS	<b>612</b>	Contrats de recherche	<b>1 360</b>
Personnels sur Contrat	<b>704</b>	CNRS	<b>640</b>
Doctorants (UPMC)	<b>214</b>	UPMC	<b>257</b>
Autres charges	614		
Frais de structure	939		
<b>Total</b>	<b>4 877</b>		<b>4 877</b>

Les ressources affectées à l'UMR STMS s'élèvent à 4 877 k€ en 2011. La partie apportée par l'Ircam ainsi que les recettes des contrats de recherche sont inscrites dans le budget de fonctionnement de l'Ircam. Les autres financements proviennent des estimations données par les partenaires et sont inscrits dans leur livre (à l'exception de la subvention de fonctionnement de l'UPMC qui a conféré le mandat de gestion à l'Ircam).

Pour donner suite aux recommandations de l'AERES, l'Ircam a intégré dans le périmètre de l'UMR les personnels techniques et administratifs travaillant avec les équipes de recherche. Hors recettes des contrats de recherche qui ne concernent que des collaborateurs Ircam, la part respective des apports de chaque partenaire au financement de l'UMR s'établit comme suit : 7 % pour l'UPMC, 18 % pour le CNRS, 75 % pour l'Ircam/MCC.

Les recettes issues des contrats de recherche uniquement s'élèvent à 38 % du coût de l'UMR.

## SERVICE INFORMATIQUE

Responsable : Laurent Ghys

Les deux principales actions qui ont été accomplies sont, d'une part, la préparation et l'étude d'un réseau local de nouvelle génération et la refonte des réseaux sans-fil, et, d'autre part, l'introduction des méthodes ITIL dans le fonctionnement du service.

### ÉVOLUTION DES RÉSEAUX FILAIRES

#### ■ Des besoins en bande passante en forte croissance

Les récents projets et les nouvelles activités de l'Ircam reposent souvent sur de l'informatique en réseau, et ils s'appuient sur l'emploi intensif du multimédia. Une des conséquences de cette évolution est la très forte croissance de la volumétrie des données hébergées sur les serveurs, mais aussi la nécessité de pouvoir y accéder en temps réel, ce qui a pour conséquence une augmentation généralisée du trafic réseau, aussi bien pour les serveurs que pour les postes des utilisateurs, ce qui est un phénomène nouveau.

Nous ne citerons qu'un seul exemple, le projet « Ulysses Platform ». Les documents numérisés déposés par les compositeurs, partitions, pièces musicales, vidéos, et autres médias, sont contenus dans des fichiers d'une taille conséquente, car ils sont codés dans des formats de haute définition, afin de ne pas en dégrader la qualité. Ainsi, les membres des différents jurys peuvent fonder leur jugement sur une écoute la plus respectueuse possible de l'œuvre. Mais n'oublions pas que l'un des objectifs de cette plate-forme logicielle est de permettre à tous ses utilisateurs d'être localisés n'importe où en Europe. Les jurys peuvent donc, comme auparavant, aussi bien être réunis dans une même salle, comme c'est le cas pour une partie des membres du Comité de Lecture Ircam, mais aussi accéder à cette plate-forme depuis leur bureau, leur domicile, où tout lieu de leur choix, relié à Internet.

Un des premiers retours d'expérience révélé lors des premiers concours organisés avec cette plate-forme, a été que pour les documents audio, qui ne sont pas écoutés en streaming mais téléchargés avant écoute, une connexion au réseau local même avec un accès aussi respectable de 100 Mb/s donnait des temps de téléchargement assez importants alors qu'on s'attendait en local, à des délais de transferts bien plus brefs. En connectant les postes concernés, avec des liaisons Gigabit de bout en bout, tout rentrait dans l'ordre.

#### ■ Plusieurs locaux mal desservis par le réseau local

Le problème du manque chronique de locaux pour le personnel de l'institut n'est pas sans avoir de conséquences sur la performance de son réseau local. Certaines équipes sont situées dans des locaux qui ont été réaffectés, lesquels ne disposent pas de suffisamment d'arrivées réseau pour pouvoir leur assurer la bande passante correspondante à leurs besoins. Par exemple les salles de cours du bâtiment B, les espaces occupés par des scientifiques, B23c où siègent l'équipe APM et une partie du CRI, B43 où sont présents certains membres des équipes Analyse et synthèse et Ingénierie des Connaissances Musicales ainsi que la plupart des espaces du bâtiment C, ne sont irrigués que par des liaisons en paires torsadées, en nombre insuffisant et mal réparties. De plus, les longueurs des câbles qui les relient à leur nodal, sont assez proches de la limite à ne pas dépasser pour le Gigabit. Nous avons donc fait une demande auprès de la Régie Bâtiment pour la pose d'un certain nombre de fibres optiques supplémentaires. Ce sont fibres de type OM3 qui ont été posées, ce qui nous permettra d'y acheminer non seulement du Gigabit, mais aussi à l'avenir des débits supérieurs à 10 Gb/s.

#### ■ Un réseau local fiable, mais de conception ancienne

Le réseau local de l'Ircam, a été pendant la décennie passée d'une très grande fiabilité, au point que globalement, l'utilisateur finissait par oublier son existence : « on n'attendait plus le réseau ». Nous rappellerons que sa conception remonte à la fin des années 1990. C'est lors de la préparation des travaux de réhabilitation du bâtiment A que l'étude de ce réseau fut réalisée.

Notre choix s'est alors porté sur la famille 6500 de la société Cisco, plus particulièrement sur son châssis modulaire 6506, dont le bus de fond de panier a une capacité de 32 Gb/s, celui-ci étant équipé d'une carte superviseur SUP1A/MFSC et d'une carte 48 ports à 100 Mb/s.

Au cours des années 2000, nous avons progressivement, chaque année, rempli les emplacements libres du châssis du 6506 en le complétant avec trois cartes 48 ports à 100 Mb/s puis avec une carte 16 ports à 1 Gb/s. Enfin en 2006, la carte superviseur ayant montré ses limites en capacité de commutation, elle a été remplacée par une SUP32 d'une puissance de commutation bien supérieure à la SUP1A, permettant de connecter une vingtaine de ports à des débits de 1 Gb/s.

#### Étude du réseau Gigabit avec dorsales à 10 Gigabits

Pour pouvoir généraliser la diffusion du Gigabit à tous les postes de travail, qui est, rappelons-le, l'interface standard présent sur tous les serveurs et tous les matériels Apple

depuis plusieurs années, il nous fallait prévoir le remplacement de notre cœur de réseau. Nous étions de plus en plus limités par les goulots d'étranglement que représentaient les dorsales optiques à 1 Gb/s entre les bâtiments, et l'utilisation massive de la technique d'agrégation de liens (trunks) n'était pas réalisable à cause du trop grand nombre de fibres nécessaires.

Nous avons donc étudié le rachat d'un cœur de réseau complet de nouvelle génération dans la gamme des châssis permettant des ports à 10 Gigabits. La difficulté était que nous ne pouvions investir sur le budget d'investissement de la seule année 2011, l'équivalent de la somme des dépenses qui avaient été effectuées de 1999 à 2007, pour arriver à autant de ports que la configuration actuelle, à savoir 192 (4 fois 48) ports à 100 Mb/s et 25 ports à 1 Gb/s.

La solution était de commencer par l'acquisition en 2011, d'un châssis, d'une carte superviseur, et d'une seule carte 48 ports à 1Gb/s. En attendant l'ajout d'autres cartes supplémentaires, nous pourrions combler la perte des ports par l'utilisation en périphérie du cœur de réseau d'un grand nombre de petits commutateurs comme les modèles d'origine asiatique que nous avons testés au cours de l'année 2010, et qui sont apparus d'un rapport performances/prix très avantageux. Ceux-ci seront à terme déployés aux arrivées des nouvelles fibres citées plus haut.

Notre choix s'est porté sur un châssis Cisco 6506-E, équipé de la toute dernière carte superviseur SUP2T sortie en juillet dernier, et d'une carte 48 ports 10/100/1000 cuivre. Le châssis 6506-E a un fond de panier d'une capacité de commutation de 256 Gb/s, comparée aux 32 Gb/s du 6506. Mais cette capacité de commutation est encore dépassée, grâce à la carte SUP2T, d'une capacité de commutation de 2 Tb/s et qui peut communiquer en direct avec chaque carte du châssis à un débit de 80 Gb/s. La SUP2T est équipée en standard de deux ports à 10 Gb/s.

#### ■ Panne sur la SUP32 en fin d'année

Alors que nous étions en pleine négociation avec le constructeur Cisco pour l'achat de ce nouvel équipement, l'ancienne carte superviseur SUP32, a fait preuve de dysfonctionnements intempestifs de plus en plus fréquents, provoquant plusieurs fois son arrêt inopiné. Après analyse du problème avec les ingénieurs de chez Cisco, l'hypothèse d'une panne matérielle sur la SUP32 a été privilégiée. Ceux-ci nous ont prêté une carte en secours, laquelle nous a permis de tenir, en attendant la livraison des nouveaux matériels.

## REFONTE DES RÉSEAUX SANS FILS

Avec l'arrivée de téléphones et tablettes connectables à Internet, il ne s'agissait plus réellement d'ordinateurs dont on connaissait les systèmes d'exploitation, et leur nombre en pleine expansion ne permettait plus de les référencer dans nos bases de données.

Il fallait donc changer de politique de sécurité, en l'appuyant non plus sur les machines, mais sur leurs propriétaires. Notre nouveau réseau utilise donc maintenant en plus du chiffrement WPA2-AES, le protocole d'authentification RADIUS, (Remote Authentication Dial-In User Service), ainsi qu'une méthode de transfert sécurisée d'informations d'authentification appelée PEAP (Protected Extensible Authentication Protocol). On notera que les utilisateurs utilisent les mêmes identifiants pour se connecter au réseau local, ou au réseau VPN. Tous ces protocoles sont disponibles en standard sur les dispositifs mobiles récents, et ils seront aussi utilisés en 2012 pour l'accès au service Eduroam, qui permet aux personnels de l'enseignement supérieur et de la recherche d'avoir un accès sans fil sécurisé à l'Internet, quand ils sont en déplacement dans le monde entier.

Nous avons remplacé nos anciennes bornes Wifi de marque Apple par des bornes plus performantes, bien que d'un prix inférieur, et avons installé à la place du micrologiciel d'origine, le logiciel libre OpenWRT, une distribution Linux minimaliste dédiée aux matériels embarqués, qui offre des fonctionnalités très intéressantes comme le support d'IPv6 et du Multi-SSID, c'est-à-dire l'hébergement par la même borne de plusieurs réseaux Wifi séparés.

## INTRODUCTION DU RÉFÉRENTIEL ITIL DANS LE SERVICE

Grâce à un travail de communication avec le public qui est intégré à leur profession, les chercheurs et les développeurs permettent au grand public d'avoir une perception assez réaliste de leurs activités et de la nature de leur travail au quotidien. Cela provient en grande partie, du concept de base sur lequel repose toute recherche ou tout développement qui est celui de « projet ». Il s'agit d'une notion très courante, puisque l'on parle même de « projet personnel ». On y retrouve toute une terminologie associée : financement, hommes années, court terme, long terme, etc.

L'activité des « informaticiens système » est assez différente de celle des chercheurs en ce sens qu'elle s'appuie parfois sur des « projets », mais ceux-ci ne représentent qu'une faible part de leur mission, qui repose principalement sur la notion de « service ». Or, si les réflexions et études sur « la méthode scientifique » existent depuis l'antiquité, celles sur des méthodes attachées aux services sont très récentes. Pour le cas qui nous intéresse, les « méthodes », « bonnes pratiques »

et maintenant les normes concernant les « services informatiques » datent seulement de quelques années, et ne sont mises en œuvre en général que dans de très grandes entreprises. Parmi celles-ci, les plus célèbres sont les modèles ISO-20000 et ITIL.

Le référentiel ITIL, Information Technology Infrastructure Library (Bibliothèque pour l'Infrastructure des technologies de l'information), est une série de d'ouvrages recensant les « bonnes pratiques » pour le « management » des systèmes d'information.

La norme ISO-20000 n'est qu'un prolongement du référentiel ITIL, les concepts et la terminologie sont les mêmes, la différence est que ISO-20000 concerne toute une entreprise ou un service, (comme une gare peut être certifiée ISO 9001), alors que ITIL ne certifie que des personnes.

#### ■ Rédaction du « portefeuille des services » de l'Ircam

Nous ne pouvons aborder ici l'ensemble des concepts d'ITIL, nous nous bornerons à celui qui a été mis en place à l'Ircam fin 2011, une des notions de base d'ITIL. Comme toute entité d'une entreprise, nous devons définir précisément le périmètre de nos activités. Or ITIL apporte beaucoup dans ce domaine, car il s'appuie sur ce qu'il appelle « Le Portefeuille des Services » (The Service Portfolio), un ensemble de documents et de bases de données décrivant toutes les activités et leurs relations. Celui-ci est lui-même constitué de trois phases : « Le Pipeline des Services » (Service Pipeline) pour les services en projet, « Le Catalogue des Services » (Service Catalogue) pour les services en production, le seul qui est rendu public, et enfin « Les services abandonnés » (Retired Services) pour les services supprimés définitivement.

La rédaction d'une première version du Portefeuille des Services a été effectuée, très minimale, puisqu'elle ne contient pour commencer que la liste des services, mais sans leur description complète et leur documentation. Ce catalogue contient quatre familles de services, et bien qu'il soit unique, il se présente sous deux points de vue distincts, d'un côté celui des utilisateurs et de l'autre, celui des informaticiens.

Du côté des utilisateurs, on retrouve les « services métiers » qui décrivent les services spécifiques à un métier, la comptabilité, la paie, la recherche, la production musicale, contrairement aux « services thématiques » qui concernent tous les utilisateurs et sont classés par thèmes, comme par exemple les achats, les comptes informatiques, la messagerie électronique, les impressions, les agendas, etc., sans oublier le plus important de tous, l'assistance aux utilisateurs.

Du côté de la technique on trouvera, d'une part les « services d'infrastructure », comme la connexion au réseau local ou l'accès à Internet, et d'autre part les « services internes » : ce sont les services « techniques » qui sont situés plus en profondeur, qui ne sont pas directement visibles des utilisateurs, mais sur lesquels reposent les services métiers et les services et thématiques. Nous citerons pour exemples le DNS pour le nommage des machines, les relais SMTP entrants et sortants pour la messagerie électronique, ou plus généralement l'ensemble des nombreux serveurs et protocoles qui font les ressources en ligne du Web.

#### ■ Projet de connexion du « SPOC » existant du service sur un « helpdesk »

Un résultat très positif obtenu par le service informatique après des années de pédagogie et de persévérance, est ce qu'ITIL appelle un SPOC, Single Point Of Contact, ou en français, « un point de contact unique » (entre les utilisateurs et leurs fournisseurs). Dans le monde ITIL, en général il s'agit du Centre de Services (Service Desk). À l'Ircam, plus modestement, il a été établi que toute requête auprès du service informatique devait être impérativement adressée, sous forme d'un message envoyé à une adresse de messagerie électronique connue de tous. En dehors de quelques étourdis et d'une poignée de réfractaires allergiques à toute procédure, la méthode est largement acceptée.

Les requêtes qui arrivent par le biais de ce SPOC sont ensuite traitées par les membres de l'équipe informatique « à la main » avec plus ou moins de traçabilité. Il n'y a pas de classement des demandes suivant leur catégorie, leur type, leur impact, leur urgence ou leur priorité, ce qui interdit toute métrologie et donc toute amélioration du service rendu.

Or, l'outil principal utilisé par l'équipe Informatique, le logiciel libre GLPI (Gestion Libre de Parc Informatique), intègre un système de gestions de tickets (Helpdesk). La prochaine version de ce logiciel qui sortira en 2012 sera compatible avec ITIL v3. Nous avons donc commencé à étudier la connexion du système de demandes actuel par mail sur le système de tickets de GLPI. Car il est absolument nécessaire, avant de mettre un outil de ce type en production, de bien assimiler au préalable les nombreux concepts d'ITIL relatifs à ce domaine et les procédures associées. Par exemple les notions de « gestion d'incidents », « gestion des problèmes », « gestion des changements », « de gestion des mises en production » ou de « gestion des configurations » permettent de bien spécifier comment organiser les demandes, et contribuent à optimiser le fonctionnement du service.

### HÉBERGEMENT DE LA DEUXIÈME ÉDITION DU SÉMINAIRE « SYSADMIN »

Les 10 et 11 février 2011, l'Ircam a hébergé salle Stravinsky, la deuxième édition du « Séminaire Sysadmin ». Sysadmin est un groupement informel d'administrateurs systèmes qui échangent leurs expériences. La première journée du séminaire était consacrée à l'évolution en performance du stockage des données applicatives et la deuxième à des conférences génériques. Les présentations d'un niveau technique élevé, ont été beaucoup appréciées par les participants. On notera que parmi les seize présentations, plusieurs d'entre elles nous ont apporté des éléments complémentaires que nous avons directement utilisés dans les infrastructures de l'Ircam.



## ANNEXES



## ŒUVRES PRÉPARÉES À L'IRCAM

### OPÉRA

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Michaël Levinas Livret Valère Novarina/ Kafka, adaptation E. Moses Mise en scène Stanislas Nordey	<i>La Métamorphose</i>	Commande ministère de la Culture et de la communication, Opéra de Lille	7, 9, 11, 13 et 15 mars 2011, Opéra de Lille, Ictus, Dir. Georges-Elie Octors	Traitement et synthèse de la voix, pôle spectacle
Luca Francesconi Texte H. Müller Mise en scène en scène Alex Ollé Fura dels baus	<i>Quartett</i>	Commande La Scala de Milan	26, 28, 30 avril, 3, 5, 7 mai 2011, La Scala de Milan, grand chœur, grand orchestre de la Scala, ensemble, Dir. Susanna Mälkki	Voix parlées et chantées, ensemble, vidéo et traitement électronique
Philippe Manoury Texte Jean-Pierre Milovanoff Mise en scène Yoshi Oida	<i>La Nuit de Gutenberg</i>	Commande Opéra National du Rhin	24, 27, 29 septembre 2011, Opéra National du Rhin (Strasbourg), Orchestre de l'opéra.	Chœurs virtuels, écriture de la synthèse, suivi
Marco Stroppa Livret Catherine Ailloud-Nicolas, Giordano Ferrari Mise en scène Richard Brunel	<i>Re Orso, Légende de Arrigo Boito</i>	Commande ministère de la Culture et de la communication, Opéra comique, Ensemble intercontemporain, Théâtre de la Monnaie, Radio France, J.-P. et F. Billarant	19, 21, 22 mai 2012, Opéra Comique, Ensemble intercontemporain, Dir. Susanna Mälkki	Écriture de la synthèse et de l'interaction. Compositeur en recherche

## ORCHESTRE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Ivan Fedele	<i>La Pierre dans l'étang (...les temps...)</i>	Commande Ircam	10 juin 2011, Centquatre, Orchestre Philharmonique de Radio France, E21 Dir. Ernest Izquierdo Martinez	Captation de la percussion et du quatuor, orchestre à cordes et électronique
Yann Robin	<i>Inferno</i>	Commande Ircam, Radio France	13 juin 2012, Cité de la musique, Orchestre Philharmonique de Radio France, Dir. Jean Deroyer	Orchestre et électronique, utilisation locale d'OMax
Philippe Manoury	<i>Echo-Daimonon</i>	Commande Ircam, Orchestre de Paris et Filharmonia Wroclawska	1 <sup>er</sup> juin 2012, Salle Pleyel, Orchestre de Paris, Dir. Ingo Metzmacher	Concerto pour piano, orchestre et électronique

## MUSIQUE ET SCÈNE - PÔLE SPECTACLE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Brice Pauset	<i>Exercices du silence</i>	Commande Ircam, Festival d'Automne	15, 17, 18, 20, 22, 23 janvier 2011, Schiller Theater, Berlin, Salomé Kammer, Benjamin Kobler	Traitement vocal, suivi
Georges Aperghis	<i>Luna Park</i>	Commande Ircam, Festival d'Automne de Varsovie	8, 9, 10 juin 2011, Ircam, Eva Furrer, Mike Schmid, flûte, Richard Dubelsky, percussion	Voix de synthèse, captation du geste, pôle spectacle

## ENSEMBLE VOCAL, ENSEMBLE ET VOIX

Compositeur	Titre	Partenaire	Création	Caractéristiques
Hilda Paredes	<i>Altazor</i>	Commande Festival d'Automne de Paris	18 novembre 2011, Amphithéâtre Bastille, L'Instant donné	Voix et orchestration
Florence Baschet	<i>La Muette</i>	Commande ministère de la Culture et de la communication	9 février 2012, Ircam, Ensemble TM+,	Suivi de geste et audio
Johannes Maria Staud	<i>Le voyage</i>	Commande Ircam	Dir. Laurent Cuniot 2 juin 2012, Centre Pompidou, Cris de Paris, Marcel Bozonnet, Laurent Bômont, Anthony Millet, Gilles Durot, Eric-Maria Couturier, Dir. Geoffroy Jourdain	Pour acteur, 6 voix, 4 instruments et électronique
Maurilio Cacciatore	<i>Tamonontamo</i>	Commande des Cris de Paris dans le cadre du dispositif « Identité et environnement sonore »	16 juin 2012, Ircam, Les Cris de Paris, Dir. Geoffroy Jourdain	Pour chœur et électronique

## ENSEMBLE INSTRUMENTAL

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Unsu Chin	<i>Fanfare chimérique</i>	Commande Ircam, Ensemble intercontemporain	15 avril 2011, Centre Pompidou, Ensemble intercontemporain, Dir. Patrick Davin	Deux ensembles à vents et double électronique
Johannes Maria Staud	<i>Par ici !</i>	Commande Ensemble intercontemporain	17 juin 2011, Cité de la musique, Ensemble intercontemporain, Dir. Susanna Mälkki	Première production à l'Ircam et avec électronique : micro tonalité
Francesco Filidei	<i>Ballata</i>	Commande Ircam	18 juin 2011, Église Saint-Eustache, MusikFabrik, Dir. Enno Poppe	Modalys, orgue et ensemble
Alireza Farhang	<i>Tak-Sîm</i>	Commande Ircam	18 janvier 2012, Cité de la musique, Kronos Quartet	Travail de la CAO et spatialisation
Gilbert Amy	<i>Cors et cris</i>	Commande ministère de la Culture et de la communication	9 février 2012, Ircam, Ensemble TM+, Dir. Laurent Cuniot	Trois cors, ensemble et électronique
Francesca Verunelli	<i>Unfolding</i>	Commande Ircam	6 mars 2012, Quatuor Arditti	Synthèse sonore et construction formelle
Edith Canat de Chizy	<i>Over the sea</i>	Commande Ircam	11 juin 2012, Théâtre des Bouffes du Nord, Pascal Contet, Quatuor Diotima	Fusion instrumental et électronique
Roque Rivas	nouvelle œuvre	Commande ministère de la Culture et de la communication	16 juin 2012, Centre Pompidou, Ensemble intercontemporain, Dir. Susanna Mälkki	Concerto pour piano, ensemble et électronique
Marc Monnet	nouvelle œuvre	Commande Ircam	juin 2013, Tedi Papavrami, violon, Marc Coppey, violoncelle, François-Frédéric Guy, piano	Violon, piano, violoncelle et électronique

## SOLO

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Lara Morciano	<i>Raggi du stringhe</i>	Commande Ircam	2 mars 2011, Centre Pompidou, Hae-Sun Kang, violon	Pour violon et électronique : suivi, SuperVP
Emmanuel Nunes	<i>Einspielung I</i>		16 juin 2011, Centre Pompidou, Diego Tosi, violon	Écriture dans l'espace (violon solo)
Robert Platz	<i>Branenwelten 6</i>	Commande Ircam, SWR Stuttgart et CMMAS Morelia	12 février 2012, Festival Eclat (Stuttgart), Nicolas Hodges, piano	Fusion piano et électronique
Frédéric Kahn	<i>Unendlichkeit</i>	Commande Ircam	5 avril 2012, Centre Pompidou, Paul Riveaux, basson	Basson et électronique
Ichiro Nodaira	Nouvelle pièce	Commande Shizuoka City Cultural Promotion Foundation	7 juin 2012, Ircam, Claude Delangle, saxophone	Saxophone et électronique

## INSTALLATION SONORE – MUSIQUE ÉLECTROACOUSTIQUE – FILM ET MUSIQUE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Jean-Michel Othoniel/ Mauro Lanza		Exposition Paris-Delhi-Bombay Commande Ircam et présidence du Centre Pompidou	25 mai au 12 septembre 2011, Centre Pompidou	Modélisation forme du verre-son design sonore et Modalys
Andrea Agostini	Musique pour le film «Wunder der Schöpfung»	Commande musée du Louvre	19 septembre 2011, Auditorium du Louvre	Film muet et électronique
Jean-Luc Hervé	Jardin sonore	Collaboration avec les paysagistes de l'Agence Arpentère, commande musicale de la Direction des affaires culturelles de la Ville de Paris	Saison 2013	Projet musical pour un jardin d'écologie sonore dans le jardin de la Cité internationale des arts

## SAISON PARISIENNE

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
28-janv	Cité de la musique	Hanspeter Kyburz Emio Greco Pieter C. Scholten	<i>Double Point : OUTIS</i>	Ensemble intercontemporain Dir. Jean Deroyer
2-févr	Amphithéâtre de l'Opéra Bastille	Iannis Xenakis José Manuel Lopez Lopez	<i>Nuits/N'Shima/Zyia/Nomos Alpha</i> <i>Metro vox</i> [CM]	Ensemble Solistes XXI Dir. Rachid Safir
10-févr	Ircam	Brice Pauset	<i>Exercices du silence</i> nouvelle version [CM]	Salome Kammer, soprano Michael Wendeberg, piano
2-mars	Centre Pompidou	Lara Morciano Hector Parra Michaël Levinas Michael Jarrell Vassos Nicolaou	<i>Raggi du stringhe</i> [CM] <i>Stress Tensor</i> [CF] <i>Étude sur un piano espace</i> <i>Assonance IV b</i> [CM] <i>Anima</i> [CF]	Solistes Ensemble intercontemporain
15-avr	Centre Pompidou	György Ligeti Jonathan Harvey Unsuik Chin	<i>Melodien</i> <i>Death of Light/Light of Death</i> <i>Fanfare chimérique</i> [CM]	Ensemble intercontemporain Dir. Patrick Davin
25 mai au 12 sept	Centre Pompidou	Jean-Michel Othoniel Mauro Lanza	Exposition Inde [CM]	
19-sept	Musée du Louvre	Andrea Agostini	Musique pour le film «Wunder der Schöpfung» [CM]	Soirée «Electrons libres» du Louvre
1 <sup>er</sup> au 9 octobre	Le CENTQUATRE	Ashley/Fure Jean-Michel Albert	Installation interactive <i>Tripwire</i>	Dans le cadre de NEMO 2011#2
15-oct	Ircam	Lucas Fagin Lionel Bord Marc Garcia Vitoria	<i>Lanterna magica</i> [CM][Tremplin 2010] <i>666</i> [CM][Tremplin 2010] <i>Mimesis</i> [CM][Cursus 2]	Solistes Ensemble intercontemporain

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
20-oct	Centre Pompidou	Tristan Murail Einar Torfi Einarsson Eun-Hwa Cho Martin Grütter Maurilio Cacciatore	<i>Couleurs de mer</i> <i>Nines Tensions</i> [CM][Tremplin 2010] <i>Jouissance de la différence II</i> [CM] [Tremplin 2010] <i>Tiefflug</i> [CM] <i>Concerto pour clavier Midi, ensemble et électronique</i> [CM][Cursus 2]	Ensemble intercontemporain Dir. Alejo Pérez
27-oct	Cité de la musique	Michael Jarrell	<i>Cassandra</i>	Ensemble intercontemporain Dir. Susanne Mälkki
18-nov	Amphithéâtre de l'Opéra Bastille	Hilda Paredes Jorge Torres Saenz Mario Lavista	<i>Altazor</i> [CM]/ <i>Canciones lunaticas</i> <i>Cicatrices de luz/Por entre el aire oscura</i> <i>Reflejos de la noche</i>	L'Instant donné Quatuor Arditti avec le Festival d'automne à Paris
25 nov. au 2 janv.	Centre Pompidou	Richard Siegal/ Frédéric Bevilacqua/ Florent Bérenger/ Hillary Goidell/ Jean-Philippe Lambert	Installation interactive <i>If/Then</i>	Dans le cadre de Vidéodanse

## AGORA

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
8, 9, 10 juin	Ircam	Georges Aperghis	<i>Luna Park</i> (CM)	Mike Schmid, Richard Dubelsky, Eva Furrer, Johanne Saunier
8-juin	Gaîté lyrique	Karlheinz Stockhausen Hector Parra	<i>Klang, 15. Stunde - Orvonton</i> [CF]/ <i>Klang, 19. Stunde - Urantia</i> [CF] <i>I have come like a butterfly into the hall of human life</i> [CF]	Jonathan de la Paz Zaens, baryton
9 au 18 juin	Le Fresnoy	Ashley Fure Jean-Michel Albert	<i>Tripwire</i> (CM) Cursus 2	
9-juin	Nef du Grand Palais	Myriam Gourfink Georg Friedrich Haas	<i>Les Temps tirillés</i>	Cie LOLDANSE
9-juin	Opéra Comique	Ingrid von Wantoch Rekowski Luciano Berio	<i>A-Ronne II</i>	Dominique Grosjean, Sophia Leboutte, Pietro Pizzuti, Annette Sachs, Gaëtan Wenders
10-juin	Le CENTQUATRE	Ivan Fedele Magnus Lindberg	<i>La Pierre dans l'étang [...les temps...]</i> (CM) <i>Kraft</i>	Quatuor Renoir Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Ernest Izquierdo Martinez
10, 11 juin	Centre Pompidou	Eszter Salamon Cédric Dambain	<i>Elucidations</i> (CF)	
15-juin	Ircam	Daniele Ghisi György Ligeti Karim Haddad Karlheinz Stockhausen	<i>abroad</i> (CM), Création Cursus 2 <i>Monument. Selbstportrait. Bewegung</i> <i>Ce qui dort dans l'ombre sacrée...</i> <i>Kontakte</i>	Elizabeth Calleo, soprano Stéphane Ginsburgh / Jean-Luc Fafchamps / Miguel Bernat/Nicolas Crosse Musikfabrik, Dir. Enno Poppe
16-juin	Centre Pompidou	Emmanuel Nunes Anton Webern Bruno Maderna Emmanuel Nunes	<i>Einspielung I</i> (CM) <i>Concerto, op. 24</i> <i>Symphonie, op. 21</i> <i>Juilliard sérénade</i> <i>Wandlungen</i>	Diego Tosi Remix Dir. Emilio Pomarico
17-juin	Cité de la musique	Ivan Fedele Johannes-Maria Staud Bruno Mantovani	<i>Animus anima</i> <i>Par ici !</i> (CM) <i>Cantate n°1</i>	Neue Vocalsolisten Stuttgart Ensemble intercontemporain Dir. Susanna Mälkki

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
17, 18 juin	Place Igor-Stravinsky	Andrea Cera	<i>Urban Musical Game</i>	Norbert Schnell, Julien Bloit, Nicolas Rasamimanana, Frédéric Bevilacqua, Benjamin Miller, logiciel   Emmanuel Fléty, Côme Maestracci, prototype   Jean-Louis Frechin, Uros Petrevski, design
18-juin	Centre Pompidou	Karlheinz Stockhausen	<i>Klang, 6. Stunde - Schönheit</i>	Elizabeth Calleo, soprano
		Helmut Lachenmann	<i>Mouvement [- vor der Erstarrung]</i>	Musikfabrik Dir. Enno Poppe
		Eric Maestri	<i>Celestografia, musica musicans</i> [CM], Création Cursus 2	
18-juin	Église Saint-Eustache	Francesco Filidei	<i>Ballata</i> [CM]	Francesco Filidei, orgue
		Karlheinz Stockhausen	<i>Klang, 5. Stunde - Harmonien</i>	Musikfabrik Dir. Enno Poppe
		Franz Liszt	<i>Fantaisie et fugue sur le nom de B.A.C.H - version synchrétique</i> par Jean Guillou	
		Harrison Birtwistle	<i>Cortege, a ceremony</i>	

## TOURNÉES

Artistes	Titre	Dates	Description
Gérard Grisey	<i>Prologue</i>	3 février, Centre Pompidou-Metz	série répertoire Ircam
Philippe Manoury	<i>Toccata/Antiphonie de Pluton</i>	3 février, Centre Pompidou-Metz	série répertoire Ircam
Brice Pauset	<i>Perspectivae Sintagma I</i>	3 février, Centre Pompidou-Metz	série répertoire Ircam
Brice Pauset	<i>Exercices du silence</i>	15, 17, 18, 20, 22, 23 janvier, Schiller Theater (Berlin) 12 novembre, Weingartener, (Allemagne)	création nouvelle version reprise
Olivier Cadiot Ludovic Lagarde	<i>Un Mage en été</i>	8, 9, 10 février, CDDB – Théâtre de Lorient 17 février, Le Nouveau Relax – Chaumont 24, 25 février, Le Grand R – La Roche-sur-Yon Du 8 au 12 mars, La Comédie de Reims Du 15 au 19 mars, Théâtre Les Ateliers – Lyon du 23 au 25 mars, CDN Orléans/Loiret/Centre du 31 mars au 2 avril, Théâtre des deux rives – Rouen 8 avril, Théâtre de la Madeleine - Troyes du 12 au 17 avril, Théâtre de la Manufacture – Nancy 20, 21 avril, Le Trident – Scène nationale de Cherbourg 3 mai, Le Salmanazar – Épernay	reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise
Michaël Levinas	<i>La Métamorphose</i>	7, 9, 11, 13, 15 mars, Opéra de Lille	création
Jonathan Harvey	<i>Speakings</i>	18 mars, festival Archipel (Genève) 13 août, Festival international d'Edimbourg	reprise reprise
Tristan Murail	<i>Les sept paroles</i>	20 mars, festival Ars Musica (Bruxelles)	reprise
Raphaël Cendo	<i>Introduction aux Ténèbres</i>	27 mars, festival Archipel (Genève)	reprise
Georges Aperghis	<i>Machinations</i>	8, 9 avril, Centre Culturel Onassis (Athènes) 13 mai, GMEM (Marseille)	reprise reprise

Artistes	Titre	Dates	Description
Luca Francesconi	<i>Quartett</i>	26, 28, 30 avril, 3, 5, 7 mai, La Scala de Milan	création
Dmitri Kourliansky	<i>Objets impossibles</i>	8 mai, festival Elektra (Montréal)	reprise
Bruno Mantovani	<i>Le Livre des illusions</i>	20 mai, Festival Musica Electronica Nova Wroclaw	reprise
Pierre Boulez	<i>...explosante-fixe...</i>	25 juin, Festival de Aldeburgh	reprise
		1 <sup>er</sup> octobre, Queen Elisabeth Hall (Londres)	reprise
	<i>Anthèmes 2</i>	25 juin, Festival de Aldeburgh	reprise
		1 <sup>er</sup> octobre, Queen Elisabeth Hall (Londres)	reprise
Philippe Manoury	<i>La Nuit de Gutenberg</i>	24, 27, 29 septembre, Opéra national du Rhin, Festival Musica (Strasbourg)	création
		8 octobre, La Filature (Mulhouse)	création
Franck Bedrossian	<i>Transmission</i>	28 septembre, Biennale de Venise	reprise
Yan Maresz	<i>Metallics</i>	28 septembre, Biennale de Venise	reprise
Yann Robin	<i>Art of Metal II</i>	28 septembre, Biennale de Venise	reprise
Roque Rivas	<i>Conical Intersect</i>	28 septembre, Biennale de Venise	reprise
Francesca Verunelli	<i>Interno rosso con figure</i>	30 septembre, Biennale de Venise	reprise
Andrea Agostini	<i>Gli atorni che s'acendevano e radiavano</i>	30 septembre, Biennale de Venise	reprise
Daniele Ghisi	<i>Comment pouvez-vous lire à présent</i>	30 septembre, Biennale de Venise	reprise
Eric Maestri	<i>Ritratto vivente</i>	30 septembre, Biennale de Venise	reprise
Pierre Boulez	<i>...explosante-fixe...</i>	1 <sup>er</sup> octobre, Queen Elisabeth Hall (Londres)	reprise
	<i>Anthèmes 2</i>	1 <sup>er</sup> octobre, Queen Elisabeth Hall (Londres)	reprise
Philippe Manoury	<i>Tensio</i>	5 octobre, Festival Musica (Strasbourg)	reprise
Georges Aperghis	<i>Luna Park</i>	7 octobre, Festival Musica (Strasbourg)	reprise
		1 <sup>er</sup> décembre, Festival Klangwerkstage 2011 (Hambourg)	reprise
Philippe Manoury	<i>Noon</i>	8 octobre, Festival Musica (Strasbourg)	reprise
Lara Morciano	<i>Raggi di stringhe</i>	9 octobre, Festival Traiettorie 2011 (Parme)	reprise

# L'ÉQUIPE IRCAM

---

## DIRECTION

Directeur : Frank Madlener  
Administrateur : Michel Muckensturm  
Olivia Despointes

## SERVICES TRANSVERSAUX

### ■ Finances

Directeur : Norddine Belal / Michel Muckensturm  
Responsable : Sylvie Parolari  
Cristina Ramos da Silva

### ■ Ressources Humaines

Responsable : Alexandra Magne  
Céline Bonnier, Patricia Martins

### ■ Communication et Éditions

Responsable : Claire Marquet  
Caroline Drancourt, Murielle Ducas, Sylvia Gomes /  
Marine Nicodeau, Deborah Lopatin, Delphine Oster

### ■ Médiathèque / Bureau Études et Méthodes

Directeur : Michel Fingerhut / Cyril Béros  
Sandra El Fakhouri, Vincent Gourson, Jean-Paul Rodrigues

### ■ Régie-Bâtiment et Sécurité

Responsable : Georges-Elie Giscard  
Bruno Belfiore, Sophie Besnard, Carita Bourboulon,  
Izem Layachi, Alain Nicolas, Seare Mullai,  
JeanPaul Rodrigues, Chantal Vogel

## RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

### ■ Direction

Directeur scientifique : Hugues Vinet  
Directeur de l'UMR STMS Ircam-CNRS : Gérard Assayag

### ■ Responsables d'équipe

Acoustique instrumentale : René Caussé  
Espaces acoustiques et cognitifs : Olivier Warusfel  
Perception et design sonores : Patrick Susini  
Analyse et synthèse des sons : Axel Roebel  
Représentations musicales : Gérard Assayag  
Analyse des pratiques musicales : Nicolas Donin  
Interactions musicales temps réel : Frédéric Bevilacqua  
Ingénierie des connaissances musicales :  
Jérôme Barthélemy  
Service informatique : Laurent Ghys  
Valorisation scientifique et industrielle : Frederick Rousseau

### ■ Administration

Sylvie Benoit, Martine Grospron, Ghislaine Montagne,  
Carole Tan

### ■ Chercheurs et ingénieurs

Carlos Agon-Amado, Moreno Andreatta, Mondher Ayari,  
Karim Barkati, Joël Bensoam, Georges Bloch, Julien Bloit,  
Laurent Bonnasse-Gahot, Alain Bonardi, Riccardo Borghesi,  
Jean Bresson, Thibaut Carpentier, Grégoire Carpentier,  
Christophe Charbuillet, Arshia Cont, Frédéric Cornu,  
Gilles Degottex, Nicholas Ellis, Laurent Feneyrou,  
François-Xavier Féron, Emmanuel Fléty,  
Jean-Louis Giavitto, Samuel Goldszmidt,  
Arnaud Gomes Do Vale, Fabrice Guédy, Thomas Hélie,  
Olivier Houix, Stefan Hüber, Florent Jacquemard,  
Olivier Labat, Mathieu Lagrange, Jean-Philippe Lambert,  
Bouchra Lamrini, Pierre Lanchantin, Adrien Mamou-Mani,  
Nicolas Misdariis, Markus Noisternig, Nicolas Obin,  
Sean O'Leary, Geoffroy Peeters, Charles Picasso,  
Matthieu Ramona, Nicolas Rasamimanana, Xavier Rodet,  
Mathias Rossignol, Francis Rousseaux, Camilo Rueda,  
Alessandro Saccoia, Norbert Schnell, Diemo Schwarz,  
Damien Tardieu, Vincent Tiffon, Erwann Thoraval,  
Arthur Truong, Isabelle Viaud-Delmon, Chungshin Yeh

### ■ Techniciens

Nicolas Baubillier, Youcef Bensaid, Gérard Bertrand,  
Manuela Pena Pena, Maxence Riffault, Alice Soriano,  
Alain Terrier

### ■ Doctorants

Florie-Anne Baugé, Simon Benacchio, Tommaso Bianco,  
Louis Bigo, Baptiste Caramiaux, Ivan Cohen, Adrien Daniel,  
Arnaud Dessenin, José-Manuel Echeveste, Philippe Esling,  
Pauline Eveno, Sarah Fdili Alaoui, Jules Françoise,  
Marcelo Freitas-Caetano, Aurélie Frère, Jérémie Garcia,  
Henrik Hahn, Thomas Hézard, Renaud Houzet,  
Stefan Hüber, Ianis Lallemand, Benjamin Lévy,  
Wei-Hsiang Liao, Marco Liuni, John Mandereau,  
Vassilios Fivos Maniatakos, Thibaut Meurisse,  
Lara Morciano, Khoa-Van Nguyen, Nicolas Obin,  
Lise Régnier, Joseph Sanson, Noémie Sprenger-Ohana,  
Marine Taffou, Antoine Vincent, Bruno Zamborlin

### ■ Chercheurs invités

Miriam Akkerman, Emmanouil Benetos, Guillaume Boutard,  
Filippo Fazi, Mika Kuuskankare, Stephen Lehman,

Yuhki Mitsufuji, Nicola Montecchio, Saso Musevic,  
Naotoshi Osaka, Mehmet Ozbek, Nils Peters,  
Justin Salamon, Carlos Perez Sancho, Stephan Schaub,  
Ignacio Spiouzas, Tien-Ming Wang

## CRÉATION ARTISTIQUE

### ■ Direction Artistique

Directeur : Frank Madlener  
Suzanne Berthy

## PÉDAGOGIE ET ACTION CULTURELLE

### ■ Direction de la Pédagogie

Directeur : Cyril Béros  
Anne Becker, Fleur Gire, Florence Grappin,  
Natacha Moëgne-Loccoz, Anne Polini  
Encadrement Artistique : Yan Maresz / Mauro Lanza

### ■ Réalisateur en informatique musicale chargés de l'enseignement

Éric Daubresse, Emmanuel Jourdan, Jean Lochard,  
Grégoire Lorieux, Mikhail Malt

## CRÉATION ET PRODUCTION

### ■ Direction de la Production

Directeur : Alain Jacquinet  
Anne Becker, Agnès Fin, Anne Guyonnet, Alexandra Guzik,  
Laetitia Scalliet / Kristell Guiguen, Clotilde Turpin

### ■ Réalisateur en informatique musicale Production

Gregory Beller, Thomas Goepfer, Carlo Laurenzi,  
Serge Lemouton, Benoit Meudic, Gilbert Nouno  
Intermittents du spectacle : Joseph Fernandez, Robin Meier,  
Olivier Pasquet

### ■ Son

Responsable : Jérémie Henrot  
Julien Aléonard, Martin Antiphon, Christophe Egea /  
Jérémie Bourgogne, Sylvain Cadars, Maxime Le Saux,  
Arnaud De La Celle, Enora Le Gall

### ■ Régie générale

Responsable technique de la production : Pascale Bondu  
Frédéric Vandromme, Eric de Gélis, Timothé Bahabanian,  
Matthieu Prin

### ■ Moyens techniques

François Gibouin

## Intermittents du spectacle

Yann Cheramy, Hervé Frichet, Jean-Marc Letang,  
Clément Marie, Sébastien Naves, Yann Philippe

## MÉDIATIONS RECHERCHE/CRÉATION

### ■ Direction des Médiation Recherche/création

Directeur : Andrew Gerzso  
Coordination Recherche/Création : Arshia Cont  
Béatrice Monfort, Florence Quilliard Monjal

### ■ Billetterie/Éditions/Forum/Projets documentaires

Cyrille Brissot, Samuel Goldszmidt, Alexandra Guzik  
/ Cyrielle Fiolet, Karim Haddad, Stéphanie Leroy,  
Paola Palumbo

## Fondateur

Directeur honoraire : Pierre Boulez.

# PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

## PUBLICATIONS MULTI-ÉQUIPES

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[Bonardi11d] Bonardi A., Rousseaux F., Schwarz D., Roadley B., «La collection numérique comme modèle pour la synthèse sonore, la composition et l'exploration multimédia interactives». In *Musimédiane* n° 6, Musiques interactives et improvisation, juin 2011.

<http://www.musimediane.com/spip.php?article128>

[Lartillot11a] O. Lartillot, M. Ayari. (2011), «Cultural impact in listeners' structural understanding of a Tunisian traditional modal improvisation, studied with the help of computational models», *Journal of Interdisciplinary Music Studies*, 5-1, pp. 85-100.

[Peeters11d] G. Peeters, B. Giordano, P. Susini, N. Misdariis, S. McAdams «The Timbre Toolbox: Audio descriptors of musical signals», *JASA*, vol. 5, n° 130, Novembre, 2011

[ViaudDelmon12a] I. Viaud-Delmon, J. Mason, K. Haddad, M. Noisternig, F. Bevilacqua, O. Warusfel, (in press) «A sounding body in a sounding space: the building of space in choreography – focus on auditory–motor interactions», *Electronic Dance Research, Special Issue: Dance and Neuroscience – New Partnerships*».

[Vinet11a] H. Vinet, G. Assayag, J.-J. Burred, G. Carpentier, N. Misdariis, G. Peeters, A. Roebel, N. Schnell, D. Schwarz, D. Tardieu: «Sample Orchestrator: gestion par le contenu d'échantillons sonores», *Traitement du signal*, N°3-4-2011, Lavoisier (2011).

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

[Ayari11b] A. Mondher, O. Lartillot, «Analysis of performances and computational modelling of maqam improvisations», 7th Symposium of the International Council for Traditional Music, UNESCO, Baku, Azerbaijan, 2011.

[Caramiaux11a] B. Caramiaux, P. Susini, T. Bianco, F. Bevilacqua, O. Houix, N. Schnell «Gestural Embodiment of Environmental Sounds: an Experimental Study», *New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2011.

[Hezard11a] T. Hézar, T. Hélie, B. Doval, R. Caussé, G. Degottex «Glottal area waveforms study from high speed video-endoscopic recordings and voice production model with aeroacoustic coupling driven by a forced glottal folds model», *PEVOC*, Marseille, 2011.

[Helie11a] T. Hélie, N. Lopes, R. Caussé «Robotized artificial mouth for brass instruments: automated experiments and cartography of playing parameters», *PEVOC*, Marseille, 2011

[Lartillot11b] O. Lartillot, M. Ayari, «The creative act between oral culture and music cognition: Analysis of performance and computer modelling», VII European Music Analysis Conference, Roma, 2011.

[Lartillot11c] O. Lartillot, M. Ayari, «Maqam improvisation analysis based on an integrated modelling of surface-based and culture-dependent rules», First International Workshop of Folk Music Analysis: Symbolic and Signal Processing, Athens, 2011.

[Zamborlin11b] B. Zamborlin, G. Partesana, M. Liuni «(LAND) MOVES», Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME, Oslo, 2011

### ■ Communications avec actes dans un congrès national

[Hélie] T. Hélie, N. Lopes, R. Caussé: «Robotized artificial mouth for brass instruments: automated experiments and cartography of playing parameters», Congrès PEVOC 9 (Pan-European Voice Conference), Marseille, août 2011.

[Hézar] T. Hézar, T. Hélie, B. Doval, R. Caussé, G. Degottex: «Glottal area waveform study from high speed video-endoscopic recordings and voice production model with aeroacoustic coupling driven by a forced glottal folds model», Congrès PEVOC 9 (Pan-European Voice Conference), Marseille, août 2011.

## ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[Eveno12a] P. Eveno, J.-P. Dalmont, R. Caussé, J. Gilbert: «Wave Propagation and Radiation in a Horn: Comparisons Between Models and Measurements». *Acta Acustica United with Acustica* 98 (2012), 158-165.

### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

[Causse11a] R. Caussé, P. Eveno, B. Kieffer, J. Gilbert, J.-P. Dalmont, J.-F. Petiot: «Validation of a descriptor, the "sum function", related to "quality" and derived from the input impedance of wind instruments». *Proceedings of the 162nd Meeting of the Acoustical Society of America* 2011, San Diego, USA, 2509.

[Causse11b] R. Causse, J. Bensoam and N. Ellis: «Modalys, a physical modeling synthesizer: more than twenty years of researches, developments and musical uses», *J. Acoust. Soc. Am.* 130, 2365 (2011).

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

[Eveno11a] P. Eveno, J.-P. Dalmont, R. Caussé, J. Gilbert : « Comparisons between models and measurements of the input impedance of brass instruments bells ». Proceedings of Forum Acusticum 2011, Aalborg, Denmark, 567-572.

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

[Bauge11a] F.A. Bauge : « Géométrie et Symétrie : le plan de Poincaré pour lever le voile », rapport de fin d'études INSA Rouen, mai-septembre 2011.

P. Eveno : « Effet acoustique des « résonateurs » de tampons : Cas du saxophone ». Journées Factice Instrumentale et Sciences 2011 (JFIS), Le Mans, France.

[Eveno11b] P. Eveno : « Étude des tampons du saxophone : Rôle des « résonateurs » ». JJCAAS 11, Rennes.

[Hovasse11a] L. Hovasse : « Mesure de réponses impulsionnelles d'instruments à cordes pour la synthèse sonore », Stage DEUST VS 2 de l'Université du Maine, février-avril 2011.

[Kieffer11a] B. Kieffer : « Validation d'un descripteur lié à la « qualité » pour les instruments à vent de la famille des cuivres », Stage Master DSMC Centrale Paris, avril-septembre 2011.

P. Eveno : « Fréquences de jeu Vs Fréquences de résonances : l'exemple des trompettes. » Journées Factice Instrumentale et Sciences 2011 (JFIS), Le Mans, France.

[Lopes] N. Lopes : « Cartographie de paramètres de jeu de trompettiste : mise en correspondance automatique de son produit avec les paramètres de contrôle d'une bouche artificielle », projet de fin d'études ENSEA, avril-août 2011.

[Humbert11a] T. Humbert : « Application de la géométrie différentielle aux problèmes mécaniques : trajectoires physiques dans les espaces courbes », stage Master2 Atiam, mars-juillet 2012.

### ■ Prix et distinctions

Pauline Eveno : l'« European Acoustics Association Best Paper and Presentation Award », Forum Acusticum à Aalborg, june 2011.

## ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[ViaudDelmon10a] Viaud-Delmon I, Venault P, Chapouthier G. (2011) « Behavioral models for anxiety and multisensory integration in animals and humans ». Prog Neuro-psychopharmacol Biol Psychiatry, 35(6):13919.

[ViaudDelmon 11a] Viaud-Delmon I., (2011) « Les effets de soin du virtuel, revue interdisciplinaire en ligne Sciences-croisées », numéro 7-8 « Soins de l'âme ».

[Noisternig 12b] Noisternig M. and Lokki T., [2012] « Introduction to the Special Issue on Recent Advances in Ambisonics and Spherical Acoustics », Acta Acustica united with Acustica 98(1):V.

[Zotter 12b] Zotter F., Pomberger H., Noisternig M., [2012] « Energy-preserving Ambisonics decoding », Acta Acustica united with Acustica 98(1):37-47.

[Pollow 12b] Pollow M., Nguyen K-V., Warusfel O., Carpentier T., Müller-Trapet M., Vorländer M., Noisternig M., « Calculation of head-related transfer functions for arbitrary field points using spherical harmonics decomposition », Acta Acustica united with Acustica 98(1):72-82.

### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

Noisternig M., « Les technologies de reproduction sonore spatiale, immersive et interactive appliquées à la réalité virtuelle », Colloque international La réalité virtuelle au service de la recherche, 27.-28. janvier 2011, université Caen Basse-Normandie, France.

Noisternig M., « Variable acoustics and research in spatial audio », Workshop on variable acoustics in large spaces for music, Center for Interdisciplinary Research in Music Media and Technology (CIRMMT), McGill University, Montréal, avril 5-6, 2011.

Noisternig M., « La WFS à l'Ircam, une technologie de reproduction sonore spatiale, immersive et interactive », 3ème journée d'Acoustique virtuelle, CFPTS, juin 2011, Bagnolet, France.

Noisternig M., « L'acoustique virtuelle dans les salles de spectacle - au-delà de la musique amplifiée », Journées d'étude « Le son du théâtre », juillet 2011, Paris, France.

Noisternig M., « Variable Acoustics and Spatial Audio », Academy of Sciences, novembre 2011, Vienne, Autriche.

Warusfel O., « Modèles de description de scènes sonores spatiales », Semaine du Son, 22 janvier, Dijon.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Noisternig 11a] M. Noisternig, F. Zotter, R. Desmonet, W. Ritsch, «Preserving sound source radiation-characteristics in network-based musical performances», Proc. of the 37th Annual Convention of Acoustics (DAGA). Düsseldorf, Germany, mars 2011.
- [Noisternig 11b] M. Noisternig, F. Zotter, «On the decomposition of acoustic source radiation patterns measured with surrounding spherical microphone arrays», Proc. of the 37th Annual Convention of Acoustics (DAGA). Düsseldorf, Germany, mars 2011.

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

- [Noisternig 11h] Noisternig M., Carpentier T., Warusfel O., «Immersive 2D/3D audio for live sound and studio productions». International Conference on Spatial Audio (ICSA). Detmold : novembre 2011.

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- [Noisternig 11c] M. Noisternig, F. Zotter, Brian FG Katz, «Reconstructing sound source directivity in virtual acoustic environments», in Principles and Applications of Spatial Hearing, 2011, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., pp. 357-373, 2011.
- [Okamoto 10a] T. Okamoto, B. Katz, M. Noisternig, Y. Iwaya, Y. Suzuki : «Implementation of Real-Time Room Auralization Using a Surrounding 157 Loudspeaker Array  $-^a$ », in Principles and Applications of Spatial Hearing, 2011, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., pp. 374, 2011.
- [Dalessandro 12a] C. d'Alessandro, M. Noisternig, «orgue: intérieur/extérieur» in Simulation technologique et matérialisation artistique, une exploration transdisciplinaire Arts/sciences, Samuel Bianchini, Nathalie Delprat, Christian Jacquemin (éditeurs), l'Harmattan, Paris, p 161-178.

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- [Colafrancesco 11a] Colafrancesco J., «Caractérisation du champ sonore dans les salles» , mémoire de Master Atiam, UPMC, [encadré par M. Noisternig], juillet 2011.
- [Cornuau 11a] Cornuau C., «Étude et optimisation de la synthèse transaurale à deux canaux», mémoire de fin d'études CNSMDP, [Cncadré par T. Carpentier et O.Warusfel], mars 2011.
- [Daniel 11a] Daniel A., «Spatial Auditory Blurring and Applications to Multichannel Audio Coding», mémoire de thèse UPMC, juin 2011.
- Girard M., «Influence de l'exposition répétée sur la perception d'une œuvre musicale», mémoire CNSMDP [encadré par I. Viaud-Delmon], 2011.
- Marie B., «Une interface tangible pour le Spatialisateur de l'Ircam», mémoire de fin d'études ENS Louis Lumière, juin 2011. [encadrement C. Gazeau, T. Carpentier, A. Blum].

- [Nicolle 11a] Nicolle J., «Analyse de champs sonore», mémoire d'année de césure École Centrale de Lyon. Juin 2011.
- [PanQuang 11a] Phan Quang V., «Reproduction transaurale adaptative temps réel appliquée à la réalité virtuelle», mémoire de Master Atiam, UPMC, [encadré par T. Carpentier et O.Warusfel], juillet 2011.
- [Sanson 11a] Sanson J., «Contrôle musical et perceptif de la spatialisation sonore en zone étendue», mémoire de thèse UPMC, juillet 2011.
- [Zaar 11a] Zaar J., «Phase unwrapping for spherical interpolation of Head Related Transfer functions», Diploma thesis, IEM, Université de Graz, [encadré par M. Noisternig], décembre 2011.

### ■ Organisation de colloque

Dans le cadre de la semaine du Son, l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs a organisé un atelier d'écoute multicanal en collaboration avec le CNSMDP. Au cours de cet atelier, le public était invité à écouter trois systèmes de diffusion : un système 5.1, un dispositif ambisonic 3D d'ordre 5 composé d'un hémisphère de 25 haut-parleurs, et un dispositif Wave Field Synthesis frontal de 88 haut-parleurs. Les écoutes étaient structurées autour de deux enregistrements effectués pour cette occasion en novembre 2010 au CNSMDP : une pièce pour triple chœur de Giovanni Gabrielli et une pièce pour violon soliste et ensemble de 24 violons de Benjamin Attahir. A partir de ces enregistrements, un mixage spécifique a été réalisé pour chaque dispositif de reproduction de sorte à en exploiter les potentialités en termes de reproduction spatialisée.

## ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- [Lemaitre11a] Lemaitre, G., Dessein, A., Susini, P., Aura, K., «Vocal imitations and the identification of sound events», Ecological Psychology, 2011, vol. 4, n° 23, pp. 267-307.
- [Houix12a] Houix, O., Lemaitre, G., Misdariis, N., Susini, P., Urdapilleta, I., «A Lexical Analysis of Environmental Sound Categories», Journal of Experimental Psychology: Applied, 2012.
- [Susini12a] Susini, P., Misdariis, N., Lemaitre, G., Houix, O., «Naturalness influences the perceived usability and pleasantness of an interface's sonic feedback», Journal on Multimodal User Interface manuscript, 2012.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Hug11a] Hug, D., Misdariis, N., «Towards a Conceptual Framework to Integrate Designerly and Scientific Sound Design Methods», Audiomostly, Coimbra, 2011.
- [Susini11b] Susini, P., Ponsot, E., Meunier, S., «End-level dependency of loudness of increasing sounds: a time persistent effect», Forum Acusticum, Aalborg, 2011.

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- [Misdariis11a] Misdariis, N., Tardieu, J., Langlois, S., Loiseau, S., « Menu Sonification in an Automotive Media Center: Design and Evaluation », *Human-Computer Interactions in Transport*, ed. Christophe Kolski. (ISTE Ltd - John Wiley & Sons Inc), 2011, pp. 233-281.
- [Susini11a] Susini, P., Lemaitre, G., McAdams, S., « Psychological Measurement for Sound Description and Evaluation », *Measurement With Persons*, ed. B. Berglund, G. B. Rossi, J. T. Townsend, L. R. Pendrill. (Taylor & Francis Group, New York), 2011, pp. 227-254.

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- [Susini11c] Susini, P., « Le design sonore : un cadre expérimental et applicatif pour explorer la perception sonore », université de la Méditerranée - Aix-Marseille II, 2011.
- [Frere11a] Frère, A., « Vibrations' influence on perception of sound space: Application on Diesel vehicle », UPMC, 2011.

### ■ Rapports et autres documents

- [Vannier11a] Vannier, M., « Influence de la durée perçue sur l'asymétrie de sonie globale entre son croissant et décroissant en intensité : mesure de la durée perçue », UPMC, 2011. [Master Atiam].
- [Bonnot11a] Bonnot, S., Houix, O., Misdariis, N., Susini, P., « Influence perceptive de la composante vibratoire sur la composante sonore : livrable 4.2 Roadsense », 2011.

## ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- [Avanzi11a] M. Avanzi, N. Obin, A. Lacheret, B. Victorri « Vers une modélisation continue de la structure prosodique. Le cas des prééminences accentuelles. », *Journal of French Languages Studies*, vol. 1, n° 21, 2011.
- [Degottex10c] G. Degottex, A. Röbel, X. Rodet « Phase minimization for glottal model estimation », *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Language Processing*, vol. 19, n° 5, Juillet, 2011.
- [Helie10b] T. Hélie, B. Laroche « Computation of convergence bounds for Volterra series of linear analytic single input systems » (accessible uniquement depuis l'Ircam), *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 56, n° 9, septembre, 2011.
- [Lanchantin11a] P. Lanchantin, J. Lapuyade-Lahorgue, W. Pieczynski « Unsupervised Segmentation of Randomly Switching Data Hidden With Non-Gaussian Correlated Noise: Hidden Markov chains, Triplet Markov Chains, Copulas, non-Gaussian correlated noise », *Signal Processing*, vol. 91, n° 2, février, 2011.
- [Mignot11a] R. Mignot, T. Hélie, D. Matignon « From a model of lossy flared pipes to a general framework for simulation of waveguides », *Acta Acustica*, vol. 97, 2011.

- [Murphy11a] E. Murphy, M. Lagrange, G. Scavone, P. Depalle, C. Guastavino « Perceptual evaluation of rolling sound synthesis », *Acta acustica united with Acustica*, vol. 5, n° 97, 2011.
- [Papadopoulos11a] H. Papadopoulos, G. Peeters « Local Key Estimation from an Audio Signal Relying on Harmonic and Metrical Structures », *IEEE Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, 2011.
- [Peeters11a] G. Peeters, H. Papadopoulos « Simultaneous beat and downbeat-tracking using a probabilistic framework: theory and large-scale evaluation », *IEEE. Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, vol. 19, n° 6, août, 2011.
- [Peeters11b] G. Peeters « Copy and Scale'' Method for Doing Time-Localized M.I.R. Estimation: Application to Beat-tracking », *Journal of New Music Research (Special issue on Music and Machine Learning)*, vol. 40, n° 2, 2011.
- [Peeters11c] G. Peeters « Spectral and temporal periodicity representations of rhythm for the automatic classification of music audio signal », *IEEE. Trans. on Audio, Speech and Language Processing*, vol. 19, n° 5, 2011.
- [Ramona11b] M. Ramona, S. Fenet, R. Blouet, H. Bredin, T. Fillon, G. Peeters « Audio Fingerprint: a Public Evaluation Framework Based on a Broadcast Scenario », *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence (Special Issue on Event Recognition)*, 2011.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Avanzi11b] M. Avanzi, G. Bordal, N. Obin « Typological Variations in the realization of French Accentual Phrase », *ICPhS, Honk-Kong*, 2011.
- [Avanzi11c] M. Avanzi, N. Obin, A. Lacheret-Dujour, B. Victorri « Toward a Continuous Modeling of French Prosodic Structure: Using Acoustic Features to Predict Prominence Location and Prominence Degree: prominence, automatic detection, degree of prominence, prosodic structure, French », *Interspeech, Florence*, 2011.
- [Beller11b] G. Beller, G. Aperghis « Gestural Control of Real-Time Concatenative Synthesis in *Luna Park* », *P3S, International Workshop on Performative Speech and Singing Synthesis, Vancouver*, 2011.
- [Beller11c] G. Beller « Gestural Control Of Real Time Concatenative Synthesis », *ICPhS, Hong Kong*, 2011.
- [Beller11d] G. Beller « Gestural Control of Real-Time Speech Synthesis in *Luna Park* », *SMC, Padova*, 2011.
- [Charbuillet11a] C. Charbuillet, D. Tardieu, G. Peeters « GMM supervector for Content Based Music Similarity », *DAFx, Paris*, 2011.
- [Caetano11a] M. Caetano, X. Rodet « Sound Morphing by Feature Interpolation » (accessible uniquement depuis l'Ircam), *Inter. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Prague*, 2011.

- [Caetano11b] M. Caetano, X. Rodet «Improved Estimation of the Amplitude Envelope of Time-Domain Signals Using True Envelope Cepstral Smoothing» (accessible uniquement depuis l'Ircam), Inter. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Prague, 2011.
- [Degottex11a] G. Degottex, A. Roebel, X. Rodet «Pitch transposition and breathiness modification using a glottal source model and its adapted vocal-tract filter» (accessible uniquement depuis l'Ircam), Inter. Conf. on Acoustics Speech and Signal Processing, Prague, 2011.
- [Degottex11b] G. Degottex, A. Roebel, X. Rodet «Function of phase-distortion for glottal model estimation 4608-4611, 2011» (accessible uniquement depuis l'Ircam), International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 2011.
- [Helie11b] T. Hélie «Tutorial: Introduction to Volterra series and applications to physical audio signal processing» (accessible uniquement depuis l'Ircam), DAFX, Paris, 2011.
- [Helie11d] T. Hélie, T. Hézar, R. Mignot, D. Matignon «On the 1D wave propagation in wind instruments with a smooth profile» (accessible uniquement depuis l'Ircam), Forum Acusticum, Aalborg, 2011.
- [Helie11c] T. Hélie «Lyapunov stability analysis of the Moog Ladder Filter and dissipativity aspects in numerical solutions» (accessible uniquement depuis l'Ircam), DAFX, Paris, 2011.
- [Lagrange11a] M. Lagrange, G. Tzanetakis «Adaptive N-normalization for enhancing music similarity», ICASSP, Prague, 2011
- [Lanchantin11c] P. Lanchantin, S. Farner, C. Veaux, G. Degottex, N. Obin, G. Beller «Vivos Voco: A survey of recent research on voice transformation at Ircam», DAFX, Paris, 2011.
- [Lanchantin11b] P. Lanchantin, X. Rodet «Objective Evaluation of the Dynamic Model Selection for Spectral Voice Conversion», ICASSP, 2011.
- [Lenoir11a] A. Lenoir, R. Landais, G. Peeters, L. Oudre, T. Fillon «MUMA: A Music Search Engine Based on Content Analysis», IEEE ICME, Barcelona, 2011.
- [Liao11a] W. Liao, A. Su, C. Yeh, A. Roebel «On the Use of Perceptual Properties for Melody Estimation», Intl. Conf. on Digital Audio Effects (DAFX-11), Paris, 2011.
- [Liuni11c] M. Liuni, P. Balazs, A. Roebel «Sound Analysis and Synthesis Adaptive in time And Two Frequency Bands», DAFX, Paris, 2011.
- [Liuni11b] M. Liuni, A. Roebel, M. Romito, X. Rodet «Rényi Information Measures for Spectral Change Detection», ICASSP, Prague, 2011.
- [Obin11c] N. Obin, P. Lanchantin, A. Lacheret, X. Rodet «Reformulating Prosodic Break Model into Segmental HMMs and Information Fusion», Interspeech, Florence, 2011.
- [Obin11b] N. Obin, P. Lanchantin, A. Lacheret, X. Rodet «Discrete/Continuous Modelling of Speaking Style in HMM-based Speech Synthesis: Design and Evaluation», Interspeech, Florence, 2011.
- [Obin11a] N. Obin, A. Lacheret, X. Rodet «Stylization and Trajectory Modelling of Short and Long Term Speech Prosody Variations», Interspeech, Florence, 2011.
- [Peeters11e] G. Peeters «Music Structure Discover: Measuring the State-ness of Times», Proc. of ISMIR (Late Breaking News), Miami, 2011.
- [Ramona11c] M. Ramona, G. Peeters «Audio Identification based on spectral modeling of bark-bands energy and synchronization through onset detection», ICASSP, Prague, 2011.
- [Ramona11f] M. Ramona, G. Peeters «Automatic verification and high-precision alignment of audio fingerprinting annotations», Proc. of DAFX, Paris, 2011.
- [Regnier11a] L. Régnier, G. Peeters «Combining classifications based on local and global features: application to singer identification», Proc. of DAFX, Paris, 2011.
- [Rigaud11a] F. Rigaud, M. Lagrange, A. Roebel, G. Peeters «Drum Extraction From Polyphonic Music Based on a Spectro-Temporal Model of Percussive Sounds» (Accessible uniquement depuis l'Ircam), Proc. of ICASSP, Prague, 2011.
- [Roebel11a] A. Roebel, S. Maller, J. Contreras «Transforming Vibrato Extent in Monophonic Sounds», International Conf on Digital Audio Effects, Paris, 2011.
- [Tardieu11a] D. Tardieu, E. Deruty, C. Charbuillet, G. Peeters «Production Effect: Audio Features For Recording Techniques Description And Decade Prediction», Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFX-11), Paris, 2011.
- [Yeh11a] C. Yeh, A. Roebel «Multiple-F0 Estimation For MIREX 2011», International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR'11), Miami, 2011.

#### ■ Communications sans actes dans

##### un congrès international ou national

- [Foucard11a] R. Foucard, S. Essid, M. Lagrange, G. Richard «Multi-Scale Temporal Fusion by Boosting for Music Classification», International Conference on Music Information Retrieval, Miami, 2011.
- [Helie11e] T. Hélie «Représentation de systèmes non linéaires par les séries Volterra: Calcul de domaines de convergence et applications» (accessible uniquement depuis l'Ircam), Séminaire de Mathématiques et de leurs Applications - LMAP - CNRS UMR 5142, Pau, 2011.
- [Obin11d] N. Obin, M. Avanzi, A. Lacheret «Transcription of French Prosody: the Rhapsodie Protocole», Interface Discours Prosodie, Manchester, 2011.
- [Ozerov11a] A. Ozerov, M. Lagrange, E. Vincent «GMM-based classification from noisy features», 1st Int. Workshop on Machine Listening in Multisource Environments (CHiME), 2011.

[VonColer11a] H. von Coler, A. Roebel «Vibrato Detection Using Cross Correlation Between Temporal Energy and Fundamental Frequency» [accessible uniquement depuis l'Ircam], 131st AES Convention, New York, 2011.

#### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

[Liuni11a] M. Liuni, A. Roebel, M. Romito, X. Rodet «An Entropy Based Method for Local Time-Adaptation of the Spectrogram», Lecture Notes in Computer Science. Computer Music Modeling and Retrieval. Exploring Music Contents, ed. S. Ystad M. Aramaki R. Kronland-Martinet K. Jensen (Springer Verlag, Berlin), 2011.

[Martins11a] L. Martins, M. Lagrange, G. Tzanetakis «Modeling Grouping Cues for Auditory Scene Analysis Using a Spectral Clustering Formulation», Machine Audition: Principles, Algorithms and Systems, (IGI Global, Berlin), 2011.

[All11a] a. All «Proceedings of the 14th International Conference on Digital Audio Effects: DAFx-11», ed. Ircam-Centre Pompidou (Geoffroy Peeters, Paris), 2011.

#### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

[Obin11e] N. Obin «MeLos: Analysis and Modelling of Speech Prosody and Speaking Style», Ircam-UPMC, 2011.

[Caetano11c] M. Caetano «Morphing Isolated Quasi-Harmonic Acoustic Musical Instrument Sounds Guided by Perceptually Motivated Features.», University Pierre and Marie Curie (UPMC), University of Paris 6, 2011.

#### ■ Rapports et autres documents

[Agostini11a] A. Agostini «A system for Advanced Additive Synthesis in Max/MSP», 2011, détails - BibTex - Google Scholar.

[Beller11a] G. Beller, G. Aperghis «Contrôle gestuel de la synthèse concaténative en temps réel dans *Luna Park*: Rapport compositeur en recherche 2010», 2011, détails - BibTex - Google Scholar.

## ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[Agon11a] C. Agon, J. Bresson, M. Stroppa, OMChroma: «Compositional Control of Sound Synthesis». Computer Music Journal. 2011, vol. 35, n° 2.

[Agon11b] Agon, C., Andreatta, M., «Modelling and Implementing Tiling Rhythmic Canons in OpenMusic Visual Programming Language», Perspectives of New Music, 2011, vol. 1-2, n° 49.

[Andreatta11a] Andreatta, M., «Constructing and Formalizing Tiling Rhythmic Canons: a Historical Survey of a «Mathemusal» Problem», Perspectives of New Music, 2011, vol. 1-2, n° 49.

[Cont10b] A. Cont, S. Dubnov, G. Assayag, «On the Information Geometry of Audio Streams with Applications to Similarity Computing. IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing». août 2011, vol. 19, n° 1.

[Cont11b] A. Cont, «Interaction musicale en temps réel entre musiciens et ordinateur: l'informatique musicale, de l'accompagnement musical automatique vers la programmation synchrone en temps réel». Interstices. 2011.

[Echeveste11b] Echeveste, J., Cont, A., Giavitto, J.L., Jacquemard, F., «Formalisation des relations temporelles entre une partition et une performance musicale dans un contexte d'accompagnement automatique: accompagnement musical automatique», Journal Européen des Systèmes Automatisés, 2011.

[Esling11a] Esling P., Agon C., «Time series data mining» ACM Computing Surveys. 2011 [accepted proof].

[Esling11b] Lecroq B., Lejzerowicz F., Esling P. «Ultra-deep sequencing of foraminiferal microbarcodes unveils hidden richness of early monothalamous lineages in deep-sea sediments.» Publication of the National Academy of Science, août 2011, vol. 108, n° 32, p. 13177-13182.

[Mandereau11a] Mandereau, J., Ghisi, D., Amiot, E., Andreatta, M., Agon, C., «Z-Relation and Homometry in Musical Distributions», Journal of Mathematics and Music, Septembre 2011, vol. 5, n° 2, pp. 83-98.

[Mandereau11b] Mandereau, J., Ghisi, D., Amiot, E., Andreatta, M., Agon, C., «Discrete Phase Retrieval in Musical Structures», Journal of Mathematics and Music, septembre 2011, vol. 5, n° 2, pp. 99-116.

[Norris11a] Norris, V., Giavitto, J.-L., et 21 coauteurs, «Computing with bacterial constituents, cells and populations: from bioputing to bactoputing», Theory in Bioscience, mars 2011, vol. 3, n° 130, pp. 211-228.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Adhitya11b] Adhitya, S., Kuuskankare, M., «The Sonified Urban Masterplan (SUM) Tool: Sonification for Urban Planning and Design», The Proceedings of the 17th Annual Conference on Auditory Display, 2011.
- [Bigo11c] Bigo, L., Giavitto, J.L., Spicher, A., «Building Topological Spaces for Musical Objects», Mathematics and Computation in Music, Paris, 2011.
- [Bresson11b] J. Bresson, M. Stroppa, «The Control of the CHANT Synthesizer in OpenMusic: Modelling Continuous Aspects in Sound Synthesis. International Computer Music Conference». Huddersfield : 2011.
- [Bresson11c] J. Bresson, M. Schumacher, «Representation and Interchange of Sound Spatialization Data for Compositional Applications. International Computer Music Conference». Huddersfield : 2011.
- [Bresson11d] J. Bresson, C. Agon, «Visual Programming and Music Score Generation with OpenMusic». IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing. Pittsburgh : 2011.
- [Bresson11e] J. Bresson, C. Agon, G. Assayag, «OpenMusic: Visual Programming Environment for Music Composition, Analysis and Research». ACM MultiMedia 2011. Scottsdale : 2011.
- [Cont11a] A. Cont, «On the Creative use of Score Following and its Impact on Research». Sound and Music Computing. Padova : juillet 2011.
- [Dautriche11a] Dautriche, A., Giavitto, J.L., Kludel, H., Pommereau, F., «State Space Exploration of Spatially Organized Populations of Agents», Spatial Computing Workshop (SCW 2011), vol. IEEE Digital Library, Ann Arbor, Michigan, 2011.
- [Dessein11c] Dessein, A., Cont, A., «Applications of information geometry to audio signal processing : tutorial», 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx), Paris, 2011.
- [Echeveste11c] Echeveste, J., Cont, A., Jacquemard, F., «Formalisation des relations temporelles entre une partition et une performance musicale dans un contexte d'accompagnement automatique : accompagnement musical automatique», Modélisation des systèmes réactifs, Lille, 2011.
- [Garcia11a] Garcia, J., Tsandilas, T., Agon, C., Mackay, W., «InkSplorer: Exploring Musical Ideas on Paper and Computer», New Interface for Musical Expression, Oslo, 2011.
- [Giavitto11b] Giavitto, J.L., «The Modeling and the Simulation of the Fluid Machines of Synthetic Biology», Twelfth International Conference on Membrane Computing (CMC12), vol. 1, Fontainebleau, 2011, pp. 17-32.
- [Giavitto11c] Giavitto, J.L., Spicher, A., «MGS: a declarative spatial computing programming language», New World of Computation (NWC11), vol. 1, Orléans, 2011, pp. 15-19.
- [Giavitto11d] Giavitto, J.L., Michel, O., Spicher, A., «Inte-

raction Based Simulation of Dynamical System with a Dynamical Structure (DS)2 in MGS», Summer Computer Simulation Conference 2011 (SCS2011), vol. 1, La Haye, 2011.

- [Montecchio11a] N. Montecchio, A. Cont, «A Unified Approach to Real Time Audio-to-Score and Audio-to-Audio Alignment Using Sequential Montecarlo Inference Techniques». International Conference on Acoustics and Speech Signal Processing (ICASSP). Prague : mai 2011.
- [Montecchio11b] N. Montecchio, A. Cont, «Accelerating the Mixing Phase in Studio Recording Productions by Automatic Audio Alignment». International Symposium on Music Information Retrieval (ISMIR). Miami : octobre 2011.
- [Kuuskankare11b] Kuuskankare, M., «Enriched Score Access for Computer Assisted Composition in PWGL», MCM'11 Proceedings of the Third international conference on Mathematics and computation in music, Lecture Notes in Computer Science, vol. 6726, 2011.

### ■ Communications avec actes dans un congrès national

- [Bigo11a] Bigo, L., Spicher, A., Michel, O., «Différentes utilisations de l'espace en musique à l'aide d'un langage de programmation dédié au calcul spatial», Journées d'Informatique Musicale 2011, St-Etienne, 2011.
- [Bresson11a] J. Bresson, R. Michon, «Implémentations et contrôle du synthétiseur CHANT dans OpenMusic». Journées d'Informatique Musicale. Saint-Etienne : 2011.
- [Cont11c] Cont, A., Dessein, A., «Applications de la géométrie de l'information au traitement des flux audio temps-réel», 5<sup>e</sup> Biennale Française des Mathématiques Appliquées, Congrès de la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI), Guidel, 2011.
- [Dessein11a] Dessein, A., Cont, A., «Applications of information geometry to audio signal processing», Indo-French Workshop on Matrix Information Geometry (MIG), Palaiseau, 2011, pp. 16-17.
- [Dessein11b] Dessein, A., Cont, A., «Segmentation statistique de flux audio en temps-réel dans le cadre de la géométrie de l'information», 23<sup>e</sup> Colloque du Groupe de Recherche et d'Etudes du Traitement du Signal (GRETSI), Bordeaux, 2011.
- [Echeveste11c] J. Echeveste, A. Cont, F. Jacquemard, «Formalisation des relations temporelles entre une partition et une performance musicale dans un contexte d'accompagnement automatique : accompagnement musical automatique». Modélisation des systèmes réactifs. Lille : novembre 2011.
- [Garcia11b] Garcia, J., Tsandilas, T., Agon, C., Mackay, W., «InkSplorer : vers le papier interactif pour la composition musicale», Journée d'informatique Musicale, Saint-Etienne, 2011.

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

- [Bigo11b] Bigo, L., Spicher, A., Michel, O., «Two Representations of Music Computed with a Spatial Programming Language», *New Worlds of Computation 2011*, Orléan, 2011.
- [Dessein11d] Dessein, A., «Music information geometry», Journée interdisciplinaire Mathématiques et Musique, Institut de Recherche Mathématique Avancée, Strasbourg, 2011.
- [Dessein11e] Dessein, A., «Change detection for audio signals in real-time», Séminaire Recherche et Technologie, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, Paris, 2011.
- [Garcia11c] Garcia, J., «Composer avec le papier interactif: Explorations musicales avec des courbes de contrôle», JCAAS, Rennes, 2011.
- [Giavitto11f] Giavitto, J.L., Spicher, A., «MGS, a declarative spatial computing programming language», *New World Of Computation 2011*, Orléans, 2011.

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- [Assayag11a] Assayag, G., Truchet, C., «Constraint Programming in Music», *Constraint Programming in Music (ISTE/WILEY)*, 2011.
- [Agon11c] Agon, C., Amiot, E., Andreatta, M., Assayag, G., Bresson, J., Mandereau, J., «Mathematics and Computation in Music: third International Conference, MCM 2011, Paris, France, June 15-17, 2011. Proceedings», *Mathematics and Computation in Music (Springer)*, 2011.
- [Andreatta11b] Andreatta, M., «Musique algorithmique», *Théorie de la composition musicale au XXe siècle*, ed. N. Donin, L. Feneyrou. (Symétrie), 2011.
- [Giavitto11a] Giavitto, J.L., Spicher, A., «Computer Morphogenesis», *Morphogenesis (Springer)*, 2011, pp. 315-340.
- [Giavitto11e] Giavitto, J.L., Spicher, A., Michel, O., «Interaction-Based Simulations for Integrative Spatial Systems Biology: application to the Simulations of a Synthetic Multicellular Organism in MGS», *Understanding the Dynamics of Biological Systems*, ed. Dubitzky, Werner; Southgate, Jennifer; Fuß, Hendrik. (Springer), 2011, pp. 195-232.
- [Giavitto11g] Giavitto, J.L., «Calculer différemment: comment dépasser les limitations des machines de Turing pour calculer plus, pour calculer autrement, pour calculer plus vite ou pour calculer mieux ?», *Interstices (Interstices (<http://interstices.info>))*, 2011.
- [Mazzola11a] Mazzola, G., «Musica e matematica: musica e matematica: due movimenti aggiunti tra formule e gesti», *La Matematica*, ed. Claudio Bartocci, Piergiorgio Odifreddi. (Einaudi, Turin), 2011, pp. 159-198

### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

- [Beauguitte11a] Beauguitte, P., «Transformée de Fourier discrète et structures musicales», UPMC, 2011. [Master Atiam].
- [Echeveste11a] Echeveste José, *Stratégies de synchronisation et gestion des variables pour l'accompagnement musical automatique*. UPMC, 2011. [Master ATIAM]
- [Nika11a] Nika, J., «Intégrer l'harmonie dans un processus informatique d'improvisation musicale», UPMC, 2011. [Master Atiam].

### ■ Conférences invitées, interventions

- Andreatta M. et C. Agon (2011), «Some OpenMusic-based Computational Models in Computer- Aided Music Theory and Analysis», *EUROMAC, VII European Music Analysis Conference*, Rome, 29 septembre – 2 octobre, 2011.
- Andreatta M. (2011), «From creativity in Music and Mathematics to creativity in Arts and Science», *Consultation Workshop, FET Proactive – FP7*, Bruxelles, 28 novembre.
- Andreatta M. (2011), «Un'introduzione musicologica alla formalizzazione algebrica delle strutture musicali», journée d'étude «mathématiques/musique», Université de Udine (Gorizia), 11 mai 2011.
- Andreatta M., J.-L. Giavitto, L. Bigo, A. Spicher, C. Agon (2011), «Outils algébriques et représentations géométriques en musicologie computationnelle: le paradigme de la programmation spatiale et ses applications en informatique musicale», *Journées communes LAC/GeoCal, Laboratoire d'Informatique de l'Ecole Polytechnique*, 24 et 25 novembre 2011.
- Andreatta M. (2011), «Formalisation algébrique et musique algorithmique: quelques réflexions sur la démarche théorique de Pierre Barbaud et son héritage en musicologie computationnelle», *Journée autour de Pierre Barbaud et la musique algorithmique, Ircam-INRIA*, 7 novembre 2011.
- Andreatta M. et C. Agon (2011), «Les mathématiques dans l'univers musical», conférence grand public, Palais de la Découverte, 11 juin 2011 (dans le cadre de la Conférence Internationale Mathematics and Computation in Music 2011).
- Allouche J.-P., C. Bruter, T. Johnson, J.-M. Lévy-Leblond, J. Mandelbrojt, J.-C. Risset (2011), «La créativité en mathématiques et dans les arts», table ronde animée par M. Andreatta, Palais de la Découverte, 18 juin 2011.
- Andreatta M. D. Ghisi, R. Jamet (2011), «La musique est-elle purement mathématiques ?», émission en directe animée par Michel Alberganti, France Culture, 10 juin 2011.
- Andreatta M. (2011), «La mathématique, un exercice de musique», Stage UPS (Union des Professeurs de Spéciales) «Mathématiques et Musique», Ircam, 19 mai 2011.

- Azar K. (2011), «Musique en mode géométrique», Sciences et avenir, hors série intitulé «Le pouvoir infini des mathématiques», octobre/novembre 2011, p. 72-76, avec M. Andreatta.
- Ayari M., Lartillot O., (2011), «Analysis of performances and computational modelling of maqam improvisations», 7th Symposium of the International Council for Traditional Music, UNESCO, Baku, Azerbaïdjan, March 14-21.
- Ayari M., Lartillot O., (2011), Présentation lors de la séance de travail le 02 Avril 2011 à l'Ircam-CNRS en présence de nos partenaires finlandais, canadiens et Ircamiens (spécialiste en modélisation informatique).
- Ayari M., Lartillot O., (2011), «Maqam improvisation analysis based on an integrated modelling of surface-based and culture-dependent rules», First International Workshop of Folk Music Analysis: Symbolic and Signal Processing, Athènes, Grèce, 19-20 mai.
- Ayari M., Lartillot O., (2011), «Cognitive mechanisms and cultural background in listeners' structural understanding of music, studied with the help of a computational model», Journal of Interdisciplinary Music Studies, numéro spécial, révision en cours.
- Ayari M., Lartillot O., (2011), «L'acte créateur entre culture de l'oralité et cognition musicale: Analyse de performance et modélisation informatique», VII European Music Analysis Conference, Rome.
- Bigo L. (2011), «Représentations symboliques et analyses topologiques de structures musicales à l'aide du calcul spatial», séminaire LACL, université Paris 12, Créteil, 21 mars 2011.
- Bigo L. (2011) «Représentations symboliques et analyses topologiques de structures musicales à l'aide du calcul spatial», workshop Spatial Computing, LRI, université Paris sud, 3 mai 2011.
- Bigo L. (2011) «Papier interactif et réseaux», (démonstration avec J. Garcia) Palais de la découverte, juin 2011.
- Bigo L. (2011) «Représentations symboliques et analyses topologiques de structures musicales à l'aide du calcul spatial», École des jeunes chercheurs en Programmation (EJCP11), Dinard, 27 juin 2011.
- Bigo L. (2011) «Représentations spatiales de structures musicales», Journées GRATOS, CAES du CNRS, Cevennes 2 décembre 2011.
- Bigo L. (2011) «Symbolic Representations and Topological Analysis of Musical Structures with Spatial Programming», JJCAAS11, Rennes, 9 décembre 2011.
- Bresson J. «Écriture de la spatialisation en composition assistée par ordinateur». La semaine du son, Ircam, Paris. 21/01/2011.
- Bresson J., Lévy F. «Atelier logiciel: OpenMusic/Pareto». Association Ethnomusika, Paris. 13/05/2011.
- Bresson J. «OpenMusic: programmation visuelle et composition assistée par ordinateur». Séminaires Parkas, Département d'informatique, École normale supérieure, Paris. 20/07/2011.
- Bresson J. «OpenMusic: Visual Programming Language for Music Composition». Carnegie Mellon University, School of Computer Science, Pittsburgh, PA, USA, 22/09/2011.
- Bresson J. «L'environnement de composition assistée par ordinateur OpenMusic». Journée d'étude «La Composition Assistée par Ordinateur: Histoire, pratiques et perspectives d'une discipline à travers le logiciel OpenMusic», Université Rennes-2, Laboratoire Musique, Programme l'œuvre et l'imaginaire à l'ère du numérique, 18/11/2011.
- Cont, A., «Realtime Music Composition and Performance: State-of-the-art and Future Challenges», Invited Keynote, WOCMAT International Workshop, Taipei, Taiwan, décembre 2011.
- Cont, A., «Applications de la géométrie de l'information aux traitement des flux audio temps réel», Conférence invitée, SMAI 2011, 5e Biennale Française des Mathématiques Appliquées, Guidel, Bretagne, mai 2011.
- Cont, A. «Traitement et Programmation Temps Réel Musicale», ENS Renne, 2011.
- Dessein A. «Music information geometry». In Journée interdisciplinaire Mathématiques et Musique, Institut de Recherche Mathématique Avancée, Strasbourg, France, April 2011.
- Dessein A. «Change detection for audio signals in real-time». In Research and Technology Seminar, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique, Paris, France, October 2011.
- Echeveste, J., Antescofo: «Formalisation des relations temporelles entre une partition et une performance musicale», Séminaires Parkas juillet 2011.
- Echeveste, J., Antescofo «Strategies for synchronization and error handling during automatic accompaniment in a score follower», Workshop Synchron novembre 2011.
- Echeveste, J., «Aspects synchrones dans les langages de programmation appliqués à la composition et à la performance musicales», séminaire Mamux février 2012.
- Esling, P. Séminaire «Prospectives de l'orchestration», Ircam, décembre 2011.
- Esling, P. Co-direction et animation du Groupe de Travail (GdT) Orchestration, 2011.
- Garcia, J., Mackay, W. «Composing with interactive paper.» CNMAT (Center for New Music and Audio Technologies), Berkeley, USA, 03/02/2011.
- Garcia, J. «Composing with interactive paper.» NUIM (New University Maynooth), Maynooth, Irlande, 18/11/2011.
- Garcia, J. Atelier pendant 2 jours avec une soixantaine de participants sur la création musicale avec le papier interactif, Fete de la Science Université Paris-Sud, 16/10/2011.
- Garcia, J., Bigo, L., Démonstration avec le papier interactif et les réseaux de notes. Palais de la découverte, Juin 2011.
- Giavitto, J.-L., Programmation spatiale: applications à la biologie du développement, à l'analyse des contes de fées et à l'analyse musicale. Séminaire du LIRIS, mars 2011.
- Giavitto, J.-L., MGS: un langage déclaratif pour la programmation spatiale. Séminaire SupMeca, mai 2011.

- Giavitto, J.-L., 81/2, un langage déclaratif synchrone data parallèle. Séminaire du CEA LIST, mars 2011.
- Giavitto, J.-L., Présentation des résultats du projet ANR Blanc AutoChem, Colloque STIC, janvier 2012.
- Giavitto, J.-L., MGS et la représentation topologique de structure hors-temps, Séminaires Parkas juillet 2011.

### ■ Organisation de séminaires et conférences

#### Conférence MCM 2011

Organisation à l'Ircam du 3rd International Conference on Mathematics and Computation in Music. Conference chairs: Carlos Agon, Moreno Andreatta, Gérard Assayag, Jean Bresson. MCM 2011 est une émanation de société savante internationale Society for Mathematics and Computation in Music et a lieu tous les deux ans dans un grand centre de recherche et d'éducation.

#### Séminaires et ateliers du projet ANR CreMusCult

Le séminaire semestriel ANR-CreMusCult à l'Ircam a pour thème une réflexion sur les rapports entre création, improvisation et oralité musicale. Il a débuté le 02 avril 2011, avec une séance organisée conjointement par les Universités de Paris I et Évy. Deux éminents spécialistes sont intervenus, l'un du chant grégorien, le Pr Jacques Viret de l'UdS, et le Pr Mahmoud Guettat de l'ISM de Tunis pour le chant arabo-andalou, auteurs d'ouvrages essentiels sur ces sujets (voir,

<http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/ayari/ANR/CreMusCult/Seminaire.html>).

Dans le cadre de ANR-CreMusCult, un atelier de musiques improvisées a démarré en septembre 2011 à l'UdS. Il s'agit d'interroger des musiciens improvisateurs professionnels du bassin méditerranéen pour des démonstrations pratiques et un échange de connaissances et de savoirs avec les enseignants et les étudiants du département musique de l'UdS (voir,

<http://recherche.ircam.fr/equipes/repmus/ayari/ANR/CreMusCult/Atelier.html>).

#### Colloque international sur les corpus de l'oralité

Ce colloque a eu lieu les 24 et 25 novembre 2011 à l'Ircam à Paris et à l'université de Strasbourg. Le colloque a été organisé par le GREAM de l'Université de Strasbourg, le «Pôle Méditerranée» de l'Université Paris VIII et l'Ircam-Cnrs à Paris. Ce colloque a porté sur la création musicale entre tradition écrite et cultures de l'oralité dans le vaste champ multiculturel du bassin méditerranéen. Le but principal de cette rencontre scientifique entre chercheurs et enseignants provenant d'horizons divers (sociologues, musicologues, compositeurs, etc.) porte sur les stratégies perceptives et cognitives à l'œuvre dans la création, la réception et l'apprentissage des mécanismes de l'improvisation. L'improvisation dans le cadre des musiques du bassin méditerranéen sera considérée dans tous les contextes stylistiques où elle a sa part : on interrogera

son rôle dans l'élaboration formelle, ses traces dans la culture, jusqu'à une modélisation de ses parcours, de ses gestes et de ses motifs (voir, <http://www.ircam.fr/colloques.html?event=1086>).

#### TODAI Forum 2011 «Next Generation of Virtual Reality»

En septembre 2011 Gérard Assayag a organisé avec l'INRIA l'accueil à l'Ircam d'une journée consacrée à la réalité virtuelle du forum TODAI, une manifestation de la principale université de Tokyo qui chaque année s'exporte dans un pays étranger pour une série de journées de présentations, d'études et de symposium.

#### Séminaire Brillouin

*Direction A. Cont et A. Dessein dans le cadre du projet MuSync : Géométrie de l'information*

20 octobre 2011 - Michel Broniatowski «Échantillonnage pondéré, maximum de vraisemblance et divergences». Michaël Aupetit «Un modèle génératif pour l'apprentissage automatique de la topologie d'un nuage de points». 5-8 septembre 2011 Session spéciale GRETSI 2011.

5 juillet 2011 - Alfred Hero «Extracting correlations from random matrices: phase transitions and Poisson limits». Christophe Vignat «Caractérisations géométriques des lois à entropie généralisée maximale».

9 juin 2011 - Asuka Takatsu : «Wasserstein geometry of the space of Gaussian measures» Wilfrid Kendall «Riemannian barycentres : from harmonic maps and statistical shape to the classical central limit theorem».

23-27 mai 2011 - Mini-symposium SMAI 2011

23-25 février 2011 - Workshop MIG 2011

#### Séminaire MaMuX

*Séminaire MaMuX. Direction : M. Andreatta, C. Agon (2010-2011) / J. Bresson, J. Mandereau (2011/2012)*

*(8 séances en 2011). <http://repmus.ircam.fr/mamux/>*

14/01/2011 : «Music and Mathematics as seen by composers». Tom Johnson with five young composers: Christopher Adler, Steve Gisby, Brian Parks, Samuel Vriezen, Michael Winter.

4/02/2011 : «Mathesis et subjectivité» (autour de la logique musicale). Séance spéciale animée par Hugues Dufourt.

11/03/2011 : «Hommage à Marcel Mesnage. Musicologie computationnelle et composition algorithmique». Avec la participation de André Riotte, Thérèse Malengreau, Bruno Bossis, Luigi Verdi, Jean-Michel Bardez, Claudy Malherbe. Interprètes: Marc Dumazert, Philippe Pennanguer. Journée organisée en collaboration avec la Société Française d'Analyse Musicale.

1/04/2011 : «Outils combinatoires en composition : block-designs, jonglage et homométrie». Avec la participation de Tom Johnson, Gilbert Delor et Franck Jedrzejewski.

20/05/2011 : «Graphes, arbres et automates en l'informatique musicale». Avec la participation de Gérard Assayag

(Ircam/CNRS), David Aubert (LaBRI), Alessandra Carbone (UPMC), Cyril Gavoille (LaBRI), Thierry Lecroq, (université de Rouen, LITIS), Arnaud Lefebvre (université de Rouen), Benjamin Lévy (doctorant Ircam / UPMC), Fivos Maniatakos (doctorant Ircam / UPMC), Pierre Roy (Sony Lab). Concert d'improvisation assistée par ordinateur avec OMAX à suivre.

4/11/2011 : « Programmation par contraintes en musique ». Séance organisée à l'occasion de la sortie du livre *Constraint Programming in Music* (dir. Charlotte Truchet, université de Nantes, Gérard Assayag, Ircam-CNRS). Avec la participation de Gérard Assayag (Ircam - STMS), Mika Kuuskankare (Sibelius Academy, Finland), Serge Lemouton (Ircam), Camilo Rueda (Universidad Javeriana - Cali, Colombia) et Sascha Van Cauwelaert (Université Catholique de Louvain).

Cycle de séances sur les Systèmes Evolutifs à Mémoire avec la participation d'Andrée Ehresmann:

7/10/2011 « Systèmes évolutifs à mémoire (1): Modélisation de la hiérarchie et de l'émergence ». Avec la participation de Ron Cottam (Vrije Universiteit Brussel) et Andrée Ehresmann (Université de Picardie).

2/12/2011 « Systèmes évolutifs à mémoire (2): Auto-organisation, apprentissage ». Avec la participation d'Andrée Ehresmann (université de Picardie) et John Mandereau (Ircam, Université de Pise).

Séance hors-programme - Stage Ircam-Ups

19/05/2011 : « Mathématiques et Musique ». Avec Moreno Andreatta, Carlos Agon, Gérard Assayag (Ircam-CNRS), Emmanuel Amiot (CPGE).

#### Séminaire mamuphi

*Direction : Ch. Alunni, M. Andreatta, F. Nicolas (8 séances en 2011). <http://www.entretemps.asso.fr/math/>*

5/2/2011 – Jean Bénabou : « Méthodes "transcendantes" en théorie des catégories ».

12/3/2011 – Thierry Paul : « Rigueur, contraintes, action sans interaction ».

2/4/2011 – René Guitart : « Le corps impossible ».

7/5/2011 – Marco Segala : « La philosophie de la musique de Schopenhauer ».

21/5/2011 – Andréa Cavazzini : « Symbole et diagramme. Sur les travaux de Gilles Châtelet ».

8/10/2011 – René Guitart – « L'armature hexagonale du corps à quatre éléments, et le formulaire de la logique borroméenne associée ».

5/11/2011 – Jean-Yves Beziau – « De l'hexagone musical (comme application de l'hexagone logique à la théorie musicale) ».

3/12/2011 – Jacques Roubaud – « Permutations et composition poétique ».

#### École de mathématiques pour musiciens et autres non-mathématiciens animée par Pierre Cartier

*Direction : M. Andreatta, F. Nicolas (ENS/Ircam), Ch. Alunni (ENS). Deux séances organisées en 2011 :*

5/02/2011 : « Mutations conceptuelles des probabilités au cours du XXe siècle (suite) : Après 1950 (II) »

30/04/2011 : « Duo sur l'entropie. Avec la participation d'Annick Lesne (CNRS/UPMC) ».

#### Ateliers OMax

Assayag, G., Lévy, B., « Des puces, des souris et des hommes », le 15 mars 2011 à 18h30 à l'ENS avec le musée des Confluences et le GRAME, avec Jacques Samarut, président ENS de Lyon, Jacques Di Donato, clarinette – conférence-performance Omax.

Assayag, Lévy, B. concerts atelier avec la compagnie Nine Spirit à Marseille Cave à Jazz (20 Janvier 2011) et Aix-en-Provence Seconde Nature [15 novembre 2011].

Lévy, B., Chemillier M., concerts ateliers au festival d'Uzeste avec Bernard Lubat (14 au 18 Aout 2011), ateliers ouverts avec les jeunes musiciens.

Lévy B., Lehman S., Kimura M., ateliers et sessions OMax à l'Ircam (juillet 2011). En juin et juillet 2011, Steve Lehman, saxophoniste new-yorkais intéressé par le système OMax est invité en recherche dans l'équipe Représentation musicale.

Lévy, B., Chemillier M. Dans le cadre du projet ImproTech ainsi que de la réunion annuelle du LAHIC, le système OMax a été expliqué et une démonstration a eu lieu le 9 février 2011 à Carcassonne. OMax interagissait notamment avec Raphaël Imbert (saxophoniste).

Lévy B., Assayag G. Dans le cadre du département Pédagogie de l'Ircam, les compositeurs en formation (Cursus 1) ont pu assister à une présentation d'OMax le 21 février 2011. Des aspects plus compositionnels d'OMax ont été abordés.

Lévy B., Assayag G. Dans le cadre du groupe de travail « Modélisation des systèmes complexes » organisé au CNAM par François Dubois, une courte introduction à OMax a été présentée par Gérard Assayag et Benjamin Lévy le 7 mars 2011.

Lévy B., De mars à juin 2011, à la demande de l'ensemble de musique contemporaine « Court-Circuit », un atelier pédagogique à destination de collégien a été organisé. Le système OMax, une fois interfacé avec des joystick a été enseigné à un groupe de 5 collégiens au cours de 8 séances de 1h30. Étalées du 14 mars au 20 juin, les séances ont donné lieu avec une petite restitution public à destination des parents d'élève le 24 juin 2011.

Lévy B., Assayag G. Bloch G. Un atelier OMax a été proposé à la classe d'improvisation générative du CNSMDP (dirigée par Alexandros Markéas et Vincent Lê Quang) le 31 mars 2011. Une douzaine d'élèves musiciens ont eu l'occasion de jouer avec le système contrôlé par Gérard Assayag, Georges Bloch et Benjamin Lévy.

Lévy B. Dans le cadre du département Médiation recherche/ création de l'Ircam, un atelier à destination des Réalisateurs en Informatique Musicale a été présenté le 13 avril 2011. Excellents programmeurs et musiciens en contact direct avec les compositeurs, il s'agissait d'apprendre aux réalisateurs à utiliser, programmer voir détourner OMax pour une utilisation expérimentale.

Lévy B., Assayag G. À l'occasion des 10 ans du séminaire MaMux (Mathématique et musique) de l'Ircam, une séance spécialement dédiée aux graphes a été organisée par Moreno Andreatta. Benjamin Lévy et Gérard Assayag ont présenté et joué avec le système à cette occasion, interagissant avec Vincent Lê Quang (saxophoniste).

Lévy B. Dans le cadre de la conférence « Mathématique, Computing and Music » organisée par l'Ircam et en partenariat avec le Palais de la découverte, un « stand » OMax à destination des visiteurs du Palais de la découverte a été tenu et animé par Benjamin Lévy le 18 juin 2011.

Lévy B. Assayag G. Dans le cadre du département Pédagogie de l'Ircam, 10 compositeurs en formation (Ircam Overview) pour un mois ont pu assister à une présentation d'OMax le 24 juin 2011.

#### Divers

GDR GPL (Génie de la programmation et du logiciel). J.-L. Giavitto est membre du comité de direction du et co-responsable du pôle « Langage et Vérification » avec Laurence Duchien (depuis 2009).

Action RNSC – Réseau thématique CLASYCO (Conception de LANGages dédiés au domaine des SYstèmes COMplexes).

#### ■ Participation à des comités et à des jurys

Ayari, M. Membre du jury : thèse de Hamdi Makhoulf « Le 'ud de concert : Problématique organologique, espace compositionnel et modélisation sémiotique » université de Paris Sorbonne. Thèse soutenue le 09 décembre Juin 2011.

Ayari, M. directeur de stage de fin d'étude en Master 2 de Guillaume FIRTION à l'université de Strasbourg. Projet ANR CréMusCult. 4 mois de stage, 2011.

Assayag, G. participation au comité de sélection de l'UPMC pour le recrutement d'un professeur en informatique, Mai et Octobre 2011.

Assayag, G. participation au comité d'experts du programme ANR CONTINT, décembre 2011.

Assayag, G. membre des jurys de thèse de Josselin Minier, université Paris-I Panthéon Sorbonne, 28 novembre 2011.

Bresson J., participation aux comités de programme de DAFx 2011, « 14th International Conference on Digital Audio Effects », 19-23/09 2011, Ircam, SBCM 2011, 13th Brazilian Symposium on Computer Music, 31/08-03/09 2011, Vitória, ES, Brazil, MCM 2011, résidences recherche musicale MRC, Ircam.

Giavitto, J.-L., Rédacteur en chef Technique et Science Informatique (TSI) Lavoisier-Hermès.

Giavitto, J.-L., Expertise auprès du programme FET de la communauté européenne, 2011-2012.

Giavitto, J.-L., Comité d'évaluation et Expert pour le programme DEFI de l'ANR, 2010-2012.

Giavitto, J.-L., Expert pour le cluster de recherche ISLE de la région Rhones-Alpes.

Giavitto, J.-L., Conseil scientifique du LIFO, Orléans (depuis 2010).

Giavitto, J.-L., Membre du conseil doctoral de l'EDS&I, Evry.

Giavitto, J.-L., Jury pour les bourses de thèse de l'ED S&I, Evry.

Giavitto, J.-L., Jury pour les bourses de thèse de l'ED EDITE, Paris.

Giavitto, J.-L., ICECCS 2011, « 16th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems », April 2011, USA.

Giavitto, J.-L., IPCAT 2012 « International Conference on Information Processing in Cells and Tissues », 31st March to 2nd April 2012, Trinity College, Cambridge, UK.

Giavitto, J.-L., AFADL 2012 « Approches Formelles dans l'Assistance au Développement de Logiciels », Grenoble, France, 11-13 janvier 2012.

Giavitto, J.-L., MECBIC 2011 « 5th Workshop on Membrane Computing and Biologically Inspired Process Calculi » 23-24 August 2011, Paris (Fontainebleau), France.

Giavitto, J.-L., CS2Bio11, « 2nd International Workshop on Interactions between Computer Science and Biology », 9th of June 2011 – Reykjavik, Iceland.

Giavitto, J.-L., MCM 2011 « The 3rd International Conference on Mathematics and Computation in Music », June 2011, Paris, France.

Giavitto, J.-L., NICO 2011 « Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization ».

Giavitto, J.-L., SCW 2011 « Spatial Computing Workshop, 2011 at IEEE SASO'11 – Ann Arbor, Michigan, USA.

#### ■ Activités d'enseignement

Andreatta M., master Atiam, cours Modèles Mathématiques pour l'Informatique Musicale (12h).

Andreatta M., master Atiam, cours Musique algorithmique (3h). Responsable de l'UE « Musique et Science depuis 1945 ».

Andreatta M., Modèles algébriques en théorie, analyse et composition assistée par ordinateur, Ecole Centrale de Paris, mars 2011 (3h).

Andreatta M., Jean B., Module « Modèles mathématiques/informatiques pour la création musicale », Master 2 AST (Art, Science et Technologie), PHELMA / INP Grenoble, 2-3/02/2011 (12h).

Andreatta M., Agon C. Module « Modèles mathématiques/informatiques pour la création musicale », École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Brest, 19-20/1/2011 (9h).

- Andreatta M., Bresson J. Module inter-semester «Outils pour la création et la composition musicale», TELECOM Bretagne, Brest, 20/01/2011.
- Bresson J. Stage Professionnel OpenMusic : «Notions de programmation par objet et création de bibliothèques externes», Ircam, 09/05/2011.
- Bresson J. Introduction to OpenMusic, Graduate Composition Course MUC0541, Schulich School of Music of McGill University, Montréal, Canada, 29/09/2011.

## ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- [Feneyrou11a] Feneyrou, L., «Seuils. Autour du triptyque ... auf... de Mark Andre», *Circuit*, 2011, vol. 1, pp. 23-35
- [Feneyrou11b] Feneyrou, L., «Helmut Lachenmann en son lieu. Une lecture de Nun», *Filigrane*, 2011, n° 12, pp. 89-104
- [Perrin11a] Perrin, N., Theureau, J., Menu, J., Durand, M., «SIDE-CAR : Un outil numérique d'aide à l'analyse de l'activité par rétrodiction. Exploitation selon le cadre théorique du «cours d'action»», *Recherches qualitatives*, 2011, vol. 30, n° 2, pp. 148-174

### ■ Articles dans des revues sans comité de lecture

- [Feron11a] Féron, F.-X., «L'exploration musicale de phénomènes (psycho)acoustiques», Marc-André Dalbavie - Color, ed. Cécile Reynaud. (CNDP), 2011, pp. 49-52

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Tiffon11a] Tiffon, V., Sprenger-Ohana, N., «Marco Stroppa's Compositional Process and Scientific Knowledge between 1980-1991», *Proceedings of the 8th Sound and Music Computing Conference (SMC11)*, University of Padova (It.), July 2011, pp. 148-154

### ■ Communications sans actes (séminaire, congrès national)

- [Donin11b] Donin, N., Féron, F.-X., «Étude génétique de Gramigna de Stefano Gervanoni : méthodes et résultats», séminaire D'une musicologie des textes à une musicologie des processus créateurs (dir. N. Donin et R. Campos), EHESS, 25 février 2011.
- [Feneyrou11h] Feneyrou, L., «Mélancolie et manie dans le *Requiem für einen jungen Dichter*», journée d'étude Écriture et création, Paris-7, 19 novembre 2011.
- [Féron11b] Féron F.-X., Sprenger-Ohana, N., Lebrave, J.-L., «Catégories documentaires en génétique musicale et littéraire», séminaire D'une musicologie des textes à une musicologie des processus créateurs (dir. N. Donin et R. Campos), EHESS, 28 janvier 2011.

- [Féron11c] Féron F.-X., «L'exploration musicale des battements sonores dans les œuvres pour instruments à cordes seuls de Giacinto Scelsi», Institut national d'histoire de l'art, journée d'étude internationale Scelsi incombustible : Les recherches actuelles autour de Giacinto Scelsi (dir. A. C. Pellegrini, M. Solomos), 15 nov. 2011.

- [Féron11d] Féron F.-X., «Spectres, neumes et densités : composantes élémentaires du processus compositionnel dans Les Espaces acoustiques de Gérard Grisey», séminaire D'une musicologie des textes à une musicologie des processus créateurs (dir. N. Donin et R. Campos), EHESS, 13 mai 2011.

- [Féron11e] Féron F.-X., «Fusions timbrales/couleurs spectrales : l'esthétique du son dans *Les espaces acoustiques* de Gérard Grisey», 14e festival Messiaen au pays de la Meije, journée d'étude Musique, sons et couleurs (dir. C. Samuel), 29 juil. 2011.

- [Sprenger-Ohana11a], Sprenger-Ohana, N., Tiffon, V., «L'apport de l'acoustique et des collaborations scientifiques l'écriture dans *Traiettoria* de Marco Stroppa», Journée d'étude Musique et acoustique : nouvelles approches de la composition musicale aux XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècle, 3 mai 2011, Paris, CDMC ?

- [Theureau11b] Theureau, J., «Appropriations 1, 2 & 3, ou Un exemple de pouvoir heuristique et de capacité de croissance d'un programme de recherche : appropriation, Incorporation & In-culturation», Journée Ergo-Idf, 16/06/2011.

- [Tiffon11b] Tiffon, V., «Phonologie, ou l'émergence de nouvelles projections temporelles», Colloque «Aimer Bruno Maderna», 3 février 2011, CDMC, Paris, [http://www.cdmc.asso.fr/fr/saison\\_cdmc/conferences\\_colloques/aimer\\_bruno\\_maderna](http://www.cdmc.asso.fr/fr/saison_cdmc/conferences_colloques/aimer_bruno_maderna)

- [Tiffon11c] Tiffon, V., «*Traiettoria* de Marco Stroppa, une étude pour un projet», Séminaire doctoral et postdoctoral MINT/INA-Grm, «De l'idée à l'œuvre, des sources au concert», 23 mars 2011, université de Paris-4, [http://www.omf.paris4.sorbonne.fr/omf-articles.php?id\\_rubrique=74&id\\_article=682](http://www.omf.paris4.sorbonne.fr/omf-articles.php?id_rubrique=74&id_article=682)

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- [Donin11a] Donin, N., «Pour une analyse des documents d'accompagnement du concert : l'exemple des programmes de salle du Domaine musical», *Propositions pour une historiographie critique de la création musicale après 1945*, ed. Anne-Sylvie Barthel-Calvet (éd.). (Centre de Recherche Universitaire Lorrain d'Histoire, Metz), 2011, pp. 31-49
- [Feneyrou11e] Feneyrou, L., «...les fertilités prendront le visage du destin... Michel Foucault et Jean Barraqué», *Foucault*, ed. Frédéric Gros, Philippe Artières, Jean-François Bert et Judith Revel. (L'Herne, Paris), 2011, pp. 268-270

[Feneyrou11f] Feneyrou, L., «Trois métamorphoses», Musique, corps, âme, ed. Alain Arnaud. (Cité de la musique, Paris), 2011, pp. 111-122.

[Feneyrou11g] Feneyrou, L., «Trois thèses sur l'instrumental selon Brice Pauset», Manières de faire des sons (L'Harmattan, Paris), 2011, pp. 173-190.

[Theureau11a] Theureau, J., «L'observatoire des cours d'action, des cours de vie relatifs à une pratique et de leurs articulations collectives», Approches pour l'analyse des activités, ed. Gaëlle Le Meur, Maud Hatano (eds.). (L'Harmattan, Paris), 2011, pp. 23-76.

#### ■ Édition scientifique d'œuvres musicales

[Feneyrou11c] Feneyrou, L., «Jean Barraqué, Ecce videmus eum», *Jean Barraqué, Ecce videmus eum* (Bärenreiter, Kassel), 2011

[Feneyrou11d] Feneyrou, L., «Jean Barraqué, La nature s'est prise aux filets de ta vie», *Jean Barraqué, La nature s'est prise aux filets de ta vie* (Bärenreiter, Kassel), 2011.

#### ■ Diffusion des connaissances

Donin, N., interviewé dans Benoît Perrier, «Contemporain, je présume ?», *Le Mag/Le Courrier* (Genève), 19 mars 2011, p. 19-20.

Donin, N., entretien public avec Georges Aperghis, cycle La création à l'œuvre, Bibliothèque Publique d'Information, 10 juin 2011, <http://archives-sonores.bpi.fr/doc=3388>

Féron F.-X., «Recherche scientifique et création musicale : l'interaction art-science au sein de l'Ircam au service des musiques mixtes», conférence invitée et concert avec H. Latour (violoncelle) et C. Vogel (ingénieur du son), 2nd village des Sciences en Ardèche, Tournon-sur-Rhône, 15-16 oct. 2011.

Féron F.-X., «*Stimmung* de Stockhausen ou l'exploration vocale du spectre harmonique», conférence invitée, 14e festival Messiaen au pays de la Meije, 25 juil. 2011.

Féron F.-X., «Genèse des techniques spectrales dans *Les espaces acoustiques* : ce que nous disent les esquisses», conférence invitée, CNSMDP, classe de composition, 07 avril 2011.

Féron F.-X., «La recherche scientifique autour de la dialectique Acoustique/Musique : Versants psychoacoustique et musicologique», conférence invitée, IUT Paris VII-Jussieu, 30 mars 2011.

#### ■ Films documentaires

«*Quartett* de Luca Francesconi», un documentaire écrit et réalisé par Nicolas Donin et Benoît Martin (série Images d'une œuvre, n° 11), 2011.

«*Luna Park* de Georges Aperghis», un documentaire écrit et réalisé par Nicolas Donin et Benoît Martin (série Images d'une œuvre, n° 13), 2011.

#### ■ Comités et expertises

N. Donin : Conseil pédagogique du Master Musique, EHESS (direction d'un Master 1, de deux Master 2, rapporteur de projet de thèse pour le comité d'attribution de bourse); quatre évaluations Résidence MR/C; contributions au Comité éditorial de Circuit: Musiques contemporaines; contributions au Comité scientifique des éditions Symétrie (5 projets soumis dans la série «20-21»; expertise détaillée pour : Takemitsu, *Écrits* (W. Miyakawa, ed.); Wyschnegradsky, *Libération du son* (P. Criton, ed.); Jérôme Rossi (ed.), *Musiques françaises de film au XXe siècle*).

L. Feneyrou : Membre de l'Académie Charles Cros, membre du jury de la Bourse des Muses, membre de la commission «Arts» du Centre national du livre, membre qualifié de la Fondation Salabert, membre du Conseil d'administration de L'itinéraire, membre du Comité d'expertise du CDMC, trésorier de l'Association Jean Barraqué, membre de la Commission de recrutement de Paris-VII pour le poste de maître de conférences en musicologie (2011).

#### ■ Prix et distinctions

Féron F.-X. : bourse d'écriture (catégorie essayiste), Centre National du Livre.

### ÉQUIPE INTERACTIONS MUSICALES TEMPS RÉEL

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[Bermudez11a] B. Bermudez, S. DeLahunta, M. Hoogenboom, C. Ziegler, F. Bevilacqua, S. Fdili Alaoui «The Double Skin/Double Mind Interactive Installation», *The Journal for Artistic Research (JAR)*, Janvier, 2011.

#### ■ Articles dans des revues sans comité de lecture

[Guedy11a] Guédy Fabrice, «L'expérimentation musicale et pédagogique sur le geste de l'Atelier des Feuillantines» avec l'équipe Interaction Musicale Temps Réel de l'Ircam, *l'Éducation Musicale*.

#### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

Schwarz Diemo, State of the Art (STAR) présentation : «Sound Texture Synthesis. Digital Audio Effects (DAFx)». Paris : septembre 2011.

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- [Caramiaux11b] B. Caramiaux, F. Bevilacqua, N. Schnell «Sound Selection by Gestures», *New Interfaces for Musical Expression (NIME)*, 2011.
- [Caramiaux11c] B. Caramiaux, S. Fdili Alaoui, T. Bouchara, G. Parsehian, M. Rebillat «Gestural Auditory and Visual Interactive Platform», *14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-11)*, Paris, 2011.
- [Delprat11a] N. Delprat, C. Leroux, S. Fdili Alaoui «In the clouds: Virtual experience of a matter», *Proceedings of Virtual Reality International Conference (VRIC 2011)*, Laval, 2011
- [Ding11a] Ding H., Schwarz D., Jacquemin Ch., Cahen R., «Spatial Audio-Graphic Modeling for X3D. Web3D.» Paris: juin 2011.
- [Einbond11a] Einbond Aaron, Schwarz Diemo, *Corpus-Based Concatenative Synthesis: Perceptual Descriptors as an Approach to Composing and Analyzing Timbre. Crossing the Corpus Callosum II: Neuroscience, Healing & Music.* Cambridge, MA: janvier 2011.
- [FdiliAlaoui11a] S. Fdili Alaoui, B. Caramiaux, M. Ser-rano «From Dance to Touch: Movement Qualities for Interaction Design», CHI, Vancouver, 2011.
- [Fléty2011a]
- [Lallemand 11a] Lallemand I., Schwarz D., «Interaction-optimized Sound Database Representation». *DAFx*. Paris: septembre 2011.
- [Nymoen11a] K. Nymoen, B. Caramiaux, M. Kozak, J. Torresen «Analyzing Sound Tracings - A Multimodal Approach to Music Information Retrieval», *ACM Multimedia, Workshop MIRUM*, 2011.
- [Rasamimanana11a] N. Rasamimanana, F. Bevilacqua, N. Schnell, F. Guedy, E. Come Maestracci, B. Zamborlin «Modular Musical Objects Towards Embodied Control Of Digital Music», *Tangible Embedded and Embodied Interaction*, 2011.
- [Schnell11b] N. Schnell, F. Bevilacqua, N. Rasamimanana, J. Bloit, F. Gued, E. Flety, «Playing the MO – Gestural Control and Re-Embodiment of Recorded Sound and Music», *International Conference on New Interfaces of Musical Expression (NIME)*, Oslo, June 2011.
- [Schwarz11d] Schwarz D., Johnson V., «Corpus-Based Improvisation». *(Re)thinking Improvisation*. Malmö: Novembre 2011.
- [Schwarz11c] Schwarz D., «State of the Art in Sound Texture Synthesis». *Digital Audio Effects (DAFx)*. Paris: Septembre 2011.
- [Schwarz11b] Schwarz D., Cahen R., Brument F., Ding H., Jacquemin Ch., «Sound Level of Detail in Interactive Audiographic 3D Scenes». *International Computer Music Conference (ICMC)*. Huddersfield: juillet 2011.
- [Schwarz11a] Schwarz D., *Distance Mapping for Corpus-Based Concatenative Synthesis. Sound and Music Computing (SMC)*. Padova: juillet 2011.

[Zamborlin11a] B. Zamborlin, G. Partesana, M. Liuni «(LAND) MOVES», *Conference on New Interfaces for Musical Expression, NIME*, Oslo, 2011.

### ■ Communications avec actes dans un congrès national

F. Bevilacqua, *Interfaces gestuelles pour la musique et le spectacle vivant, Forum sur l'interaction tactile et gestuelle FITG II*, Lille, 22 septembre 2011.

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

- F. Bevilacqua Séminaire invité à MiPP Motion Capture Workshop - University of Sussex, 7 juillet 2011.
- F. Bevilacqua D. Fober, *Conférence invitée et performance-démonstrations sur les interfaces MO*, *Electronic Music Week*, Shanghai Music Conservatory, octobre 2011.
- F. Bevilacqua, *demonstrations à la conférence «Lift 2011»*, 2-4 février, Genève, Suisse.
- B. Caramiaux séminaire pour la journée «Perception et reconnaissance d'actions»(GdR ISIS) le 16 juin 2011.
- B. Caramiaux séminaire au LRI In-Situ dans le cadre de SIGCHI-Paris le 15 novembre 2011.
- D. Schwarz, R. Cahen, Ch. Jacquemin and H, Ding. «Sound Level of Detail in Interactive Audio-graphic 3D Scenes. Audio-graphic Modeling and Interaction Workshop,» NIME 2011, Oslo, Norway.
- D. Schwarz, R. Cahen, N. Schnell. «Descriptor-Based Texture-Synthesis Control in Interactive 3D Scenes by Activation Profiles. Versatile Sound Models for Interaction in Audio-Graphic Virtual Environments: Control of Audio-graphic Sound Synthesis», *Satellite Workshop at the 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)*, 2011, Paris.
- R. Cahen, X. Boissarie, N. Schnell, D. Schwarz. «Topophonie Mobile: An immersive audio interactive augmented expérience. Versatile Sound Models for Interaction in Audio-Graphic Virtual Environments: Control of Audio-graphic Sound Synthesis», *Satellite Workshop at the 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)*, 2011, Paris.
- A. Masurelle, D. Schwarz. «Gestural Control of Environmental Texture Synthesis. Versatile Sound Models for Interaction in Audio-Graphic Virtual Environments: Control of Audio-graphic Sound Synthesis», *Satellite Workshop at the 14th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)*, 2011, Paris.

### ■ Communications par affiche dans un congrès international ou national

- [FdiliAlaoui11b] S. Fdili Alaoui «Gestural Auditory and Visual Interactive Platform», *JJCAAS 2011*, 2011.
- [Françoise11b] J. Françoise «Realtime Segmentation and Recognition of Gestures using Hierarchical Markov Models», *JJCAAS*, 2011

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- [Bevilacqua11a] F. Bevilacqua, N. Schnell, S. Fdili Alaoui «Gesture capture: Paradigms in interactive music/dance systems», *Emerging Bodies*, ed. G. Klein and S. Noeth (transcript Verlag), 2011.
- [Bevilacqua11b] F. Bevilacqua, N. Schnell, N. Rasamimanana, B. Zamborlin, F. Guédy «Online Gesture Analysis and Control of Audio Processing, Musical Robots and Interactive Multimodal Systems», *Musical Robots and Interactive Multimodal Systems. Springer Tracts in Advanced Robotics Vol 74*, ed. Jorge Solis and Kia C. Ng (Springer Verlag), 2011.
- [Bonardi11a] A. Bonardi «Les Petites Absences. Du théâtre à la musique en passant par l'informatique temps réel», *Les interactions entre musique et théâtre*, ed. Guy Freixe et Bertrand Porot (Editions l'Entretemps, Montpellier), 2011.
- [Schnell11a] N. Schnell, F. Bevilacqua, F. Guedy, N. Rasamimanana «Playing and Replaying – Sound, Gesture and Music Analysis and Re-Synthesis for the Interactive Control and Re-Embodiment of Recorded Music», *Klang und Begriff. Gemessene Interpretation – Computergestützte Aufführungsanalyse im Kreuzverhör der Disziplinen*, ed. Heinz von Loesch, Stefan Weinzierl (Schott Verlag, Mainz), 2011.

### ■ Ouvrages de vulgarisation ou chapitres de ces ouvrages Thèses, mémoires et travaux universitaires

- [Caramiaux11d] B. Caramiaux, «Études sur la relation gestuelle en performance musicale», Thèse de doctorat, UPMC, 2011.
- [Masurelle11a] Masurelle A., «Towards a gestural control of environmental sound texture synthesis». UPMC, 2011. [master Atiam].
- [Françoise11a] J. Françoise «Realtime Segmentation and Recognition of Gestures using Hierarchical Markov Models», UPMC – Ircam [Master Atiam], 2011.

### ■ Prix et distinctions

- 1<sup>er</sup> prix de l'édition 2011 du concours international Margaret Guthman Musical Instrument, qui récompense la conception de nouveaux instruments de musique, GeorgiaTech, USA, 2011.

### ■ Expositions Internationales

- Talk to Me au Museum of Modern Art, MoMa New York, 24 Juillet au 7 Novembre 2011
- Touch Sound, Shanghai Eastlink Gallery, Electronic Music Week, Shanghai, Chine, 7-16 Octobre 2011
- Objet(s) du numérique, design d'un nouveau monde industriel, Lieu du Design, Paris, 18 Mai au 23 Juillet 2011

### ■ Articles de presse et radios

- Bloomberg.com, New Musical Instruments, les Mos sélectionnés parmi 10 nouvel instruments, <http://www.bloomberg.com/slideshow/2011-11-01/new-musical-instruments.html#slide7>
- Les cahiers de l'ACME, Reportage NIME 11, Septembre/Octobre 2011
- www.allthingsstrings.com, Music as Medicine, Mari Kimura, 14 Octobre, 2011
- Scientific American Blog 'Talk to Me' Exhibit Speaks, But Not the Whole Truth, By Jennifer Jacquet, 24 juillet 2011
- Et si on jouait au volley pour faire de la musique ? NewZilla.net, Arnaud Devillard le 25 mars 2011
- Creativedigitalmusic.com, What Makes a Truly New Instrument? Human Gestures Power Winners of Guthman Competition, Peter Kin, 21 Mars 2011
- Interview de Frédéric Bévilacqua par Daniel Fiévet sur France Inter, dans l'émission «Ouvert la Nuit», 28 novembre 2011
- Interview F. Bevilacqua J.-L. Frechin, U. Petrevski, Radio France International, Bucarest, 25 janvier 2011

### ■ Diffusion des connaissances

- F. Bevilacqua, Présentation invitée au Institut Français de Bucarest, Roumanie, 25 janvier 2011
- F. Bevilacqua Séminaire invité à University of California Irvine, Juillet 2011
- F. Bevilacqua Séminaire invité à MiPP Motion Capture Workshop - University of Sussex, 7 Juillet 2011
- F. Bevilacqua, Séminaire invité à Goldsmiths, London, 30 Mars 2011
- B. Caramiaux, séminaire Ircam R&D, 27 avril 2011
- B. Caramiaux séminaire à l'Ircam pour les TP TP LP300 d'Acoustique, UPMC, classe de F Decremps) le 3 mai 2011
- B. Caramiaux séminaire à l'ENSAD (département recherche) le 25 mai 2011
- N. Schnell, séminaire au CNSMD Paris, le 7 janvier 2011
- N. Schnell, séminaire R&D à l'Ircam, le 32 mars 2011
- N. Schnell, séminaire à l'Université Javeriana de Bogota, le 5 septembre 2011
- N. Schnell, présentation invitée au colloque IEEE STSIVA à l'Université Javeriana de Cali, le 9 septembre 2011
- N. Schnell, séminaire à l'Université de Musique de Vienne, le 14 décembre 2011
- Schwarz D, Atelier avec travaux pratiques «Advanced MaxMSP Sound and Data Processing», NOTAM, Oslo, Norvege, jan. 2011.
- Schwarz D, Reunion de developpement Jamoma, BEK, Bergen, Norvege, jan. 2011.
- Schnell N, Schwarz D, présentation CURSUS 2: Descripteurs sonores, 2011
- Bevilacqua F, Schnell N, Schwarz D, Presentation IMTR ATIAM, 2011
- Schwarz D, Atelier avec travaux pratiques «Advanced MaxMSP Sound and Data Processing», University of Edinburgh, Dept. of Music, UK, apr. 2011.

- Schwarz D, Atelier avec travaux pratiques «Advanced MaxMSP Sound and Data Processing», ICMC Tutorial, Huddersfield, UK, juil. 2011.
- Schwarz D, Atelier avec travaux pratiques «Advanced MaxMSP Sound and Data Processing», STEIM, Amsterdam, Pays-Bas, oct. 2011.
- Schwarz D, Atelier avec travaux pratiques «Masterclass: Advanced workshop exploring project-specific uses of FTM&Co», STEIM, Amsterdam, Pays-Bas, oct. 2011.
- B. Zamborlin, Séminaire invité University of Pompeu Fabra, Music Technology Group, Barcelona - 10 octobre 2011
- B. Zamborlin, Séminaire invité Artificial Intelligence Research Institute (IIIA), Barcelona - 11 octobre 2011
- B. Zamborlin, Séminaire invité University of Edinburgh - 7 Septembre 2011

## ÉQUIPE INGÉNIERIE DES CONNAISSANCES MUSICALES

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- [Bonardi11c] Bonardi, A., Rousseaux, F., «L'émergence de pratiques musicales a-musicologiques», *MUSIKER*, 2011, n° 18, pp. 99-115

### ■ Communications avec actes dans un congrès national

- [Vincent11b] Vincent, A., Bonardi, A., Bachimont, B., «Préservation de la musique avec dispositif électronique: l'intérêt des processus de production sonore», *Journées d'Informatique Musicale 2011*, Saint-Etienne, 2011, pp. 71-76
- [Lamrini11a] Lamrini, B., Barthélemy, J., Bonardi, A., Rousseaux, F., «Classer les supports pour préserver les connaissances: l'exemple des 'patches' dans le domaine de la création musicale contemporaine», *Journées d'Informatique Musicale 2011*, Saint-Etienne, 2011, pp. 63-69
- [Bonardi11b] Bonardi, A., «Approches pratiques de la préservation/virtualisation des œuvres interactives mixtes: En Echo de Manoury», *Journées d'Informatique Musicale 2011*, Saint-Etienne, 2011





