

# 2015

## Rapport d'activité



INSTITUT DE RECHERCHE ET DE COORDINATION ACOUSTIQUE/MUSIQUE

# ircam



INSTITUT  
DE RECHERCHE  
ET COORDINATION  
ACOUSTIQUE /  
MUSIQUE



<b>■ 1. POLITIQUE GÉNÉRALE</b> .....	<b>5</b>
LIGNES DE FORCE .....	6
LE CONSEIL D'ADMINISTRATION .....	8
LE CONSEIL SCIENTIFIQUE .....	9
LES TUTELLES SCIENTIFIQUES DE L'UMR STMS .....	10
L'ORGANIGRAMME .....	11
LES CHIFFRES CLÉS .....	13
2015 EN IMAGES .....	14
<b>■ 2. LE DÉPLOIEMENT DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION</b> .....	<b>17</b>
LE COLLEGIUM MUSICAE ET SORBONNE UNIVERSITÉS .....	18
DES COLLOQUES PLURIDISCIPLINAIRES INTERNATIONAUX EN EUROPE ET EN ASIE .....	19
TCPM 2015 .....	19
MATHEMUSICAL CONVERSATIONS .....	19
1 <sup>ÈRE</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE WEB AUDIO .....	19
SUCCÈS AUX APPELS EUROPÉENS HORIZON 2020 .....	20
L'IRCAM PIONNIER DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES .....	21
CONTRIBUTION AUX STANDARDS INDUSTRIELS .....	21
L'INNOVATION MADE IN IRCAM .....	21
LE FORUM DES TECHNOLOGIES : INTERNATIONALISATION CROISSANTE .....	23
RECHERCHE ARTISTIQUE ET RÉSEAUX FORUM .....	23
ARTISTES EN RÉSIDENCE .....	23
COORDINATION INTERNE : JOURNÉES RECHERCHE/RIM(CE) .....	23
LE FORUM .....	24
<b>■ 3. DES SAVOIR FAIRE TRÈS RECHERCHÉS</b> .....	<b>29</b>
LA DIVERSITÉ DES SIGNATURES ARTISTIQUES .....	30
MANIFESTE .....	30
L'ACADÉMIE .....	32
LA SAISON .....	35
LES TOURNÉES .....	36
LA PÉDAGOGIE AFFIRMÉE .....	37
PÔLE UNIVERSITAIRE .....	37
OFFRES PROFESSIONNELLES .....	40
SENSIBILISATION DU PUBLIC .....	44
ULYSSES NETWORK (2012-2016) .....	48
<b>■ 4. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT - UMR</b> .....	<b>51</b>
INTRODUCTION .....	52
SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT .....	52
LES NOUVEAUX PROJETS .....	55
L'ACTIVITÉ RECHERCHE .....	58
ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE .....	58
ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS .....	65
ÉQUIPE PERCEPTION ET DESIGN SONORES .....	74
ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS .....	81
ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES .....	92
ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES .....	111
ÉQUIPE INTERACTIONS SON MUSIQUE MOUVEMENT .....	117
ATELIER MÉCANIQUE .....	121
LES PRINCIPAUX LOGICIELS .....	123
MODALYS .....	123
SPAT .....	124
TOSCA .....	125

PANORAMIX .....	126
SUPERVP .....	127
VOICEFORGER .....	127
AUDIOSCULPT .....	128
IRCAMLAB TS .....	128
SNAILANALYZER .....	129
IRCAMALIGN .....	130
MODULES D'INDEXATION AUTOMATIQUE .....	130
MUBU POUR MAX.....	131
IMTREDITOR .....	132
GF (SUIVI CONTINU) .....	133
GESTURE & SOUND .....	134
SUPERVP POUR MAX.....	135
IRCAMDESCRIPTOR-.....	136
CATART .....	136
IAE .....	137
COLLECTIVE SOUNDWORKS .....	137
OPENMUSIC .....	138
TRAJECTOIRES .....	139
PAPERCOMPOSER .....	139
ORCHIDS .....	140
ANTESCOFO .....	141
ASCOGRAPH.....	142
OMAX .....	143
SOMAX .....	144
IMPROTEK .....	145
<b>■ 5. LES RESSOURCES .....</b>	<b>147</b>
<b>LES RESSOURCES HUMAINES .....</b>	<b>148</b>
<b>LA COMMUNICATION .....</b>	<b>150</b>
<b>LES MOYENS FINANCIERS .....</b>	<b>154</b>
<b>LE SERVICE INFORMATIQUE .....</b>	<b>157</b>
<b>LES TRAVAUX DE L'ESPACE DE PROJECTION .....</b>	<b>159</b>
<b>■ 6. ANNEXES .....</b>	<b>161</b>
<b>L'ÉQUIPE IRCAM .....</b>	<b>162</b>
<b>LES ŒUVRES PRÉPARÉES À L'IRCAM .....</b>	<b>164</b>
<b>LA SAISON PARISIENNE .....</b>	<b>169</b>
<b>MANIFESTE 2015 .....</b>	<b>170</b>
<b>LES TOURNÉES .....</b>	<b>173</b>
<b>LES SÉMINAIRES RECHERCHE ET TECHNOLOGIE .....</b>	<b>175</b>
<b>LES SÉMINAIRES INVITÉS RECHERCHE ET TECHNOLOGIE .....</b>	<b>176</b>
<b>LES SOUTENANCES .....</b>	<b>178</b>
<b>LES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS .....</b>	<b>179</b>





# POLITIQUE GÉNÉRALE



## LIGNES DE FORCE

---

La dynamique de l'année 2015 à l'Ircam se traduit principalement dans la reconnaissance internationale de l'excellence scientifique, dans l'essor de l'innovation technologique et de la valorisation industrielle qui en est tributaire, dans la diversité des esthétiques soutenues par la saison artistique et par les tournées dont le nombre est en expansion. Cette dynamique s'incarne dans la visibilité accrue des grands rendez-vous artistiques et scientifiques au premier rang desquels le Forum Ircam avec ses nouveaux ateliers hors les murs, ou le festival *ManiFeste* qui occupe une place prééminente en juin.

L'excellence scientifique est saluée par les succès obtenus auprès de l'Europe (projets H2020) : cinq projets en deux ans concernant les interfaces Homme machine, la thématique Information and Communication Technologies, ou encore les projets autour de l'indexation musicale. En filigrane des recherches entreprises par l'Unité Mixte de Recherche STMS, des lignes thématiques nouvelles se dessinent ou se précisent, comme l'interaction individuelle et sociale, l'apprentissage automatique et la créativité avec des stratégies génératives (composition, orchestration, improvisation), le champ de la voix qui croisent les neurosciences cognitives.

L'innovation technologique est à l'origine du lancement de nouvelles collections logicielles, de la sollicitation directe des équipes de recherche par le monde du cinéma et de l'audio-visuel. La contribution de l'Ircam à de nouveaux standards industriels (le Webaudio, le binaural) ouvre des potentielles perspectives de valorisation. À cet égard, 2015 a été marqué par la conclusion d'un accord de licence avec Universal Music Group, pour l'indexation automatique d'œuvres musicales, ainsi que par le lancement des IrcamMax avec Ableton, ou encore du Snail .

L'extension des activités d'innovation, tributaires de partenaires extérieurs, nécessite en retour un renforcement de toutes les convergences entre art et science au sein même de l'Ircam. Parmi ces vecteurs de convergence, les résidences de recherche musicale, le lancement d'unités projet innovation (UPI) en interne, le renouveau du Forum Ircam ; la journée réunissant tous les Centres nationaux de Création musicale organisée à l'Ircam, participe de cette mutualisation entre innovation et coproductions musicales. À la croisée de l'innovation et de la création, la Pédagogie travaille essentiellement à la transmission des pratiques et des savoirs. À côté du master Atiam et du Coursus de composition et d'informatique musicale, la formation établie avec New York University s'inscrit dans une collaboration à long terme.



Avec l'Espace de projection fermé, et l'effet induit sur l'ensemble de la chaîne de production, la saison réalisée intégralement hors les murs requiert une lisibilité renforcée de toutes les lignes éditoriales et de la communication. Ce fut l'objectif atteint notamment par le festival ManiFeste, qui réunissait tout à la fois des Portes ouvertes, des colloques scientifiques, un premier Focus Musique contemporaine organisé par l'Institut français et réunissant une quarantaine d'opérateurs internationaux. La programmation du festival et de l'académie de l'Ircam s'est articulée autour des œuvres mondes qui s'affranchissent des limites et des formats contemporains (*Requiem* de Bernd Alois Zimmermann, *Repons* de Pierre Boulez), et d'une réflexion sur la musique comme «art de la simultanéité» (*An experiment with time* de Daniele Ghisi). Autres balise visible dans la programmation annuelle hors les murs de l'Ircam, le spectacle vivant, avec en particulier l'opéra contemporain : *La Métamorphose* de Michael Levinas au théâtre de l'Athénée, *Solaris* de Dai Fujikura et Saboro Teshigawara au Théâtre des Champs-Élysées, la chorégraphie *d'Anthèmes 2* de Pierre Boulez, par Wayne McGregor, à l'opéra Garnier. De façon générale, la diversité esthétique aura été le fait majeur de l'ensemble de la saison artistique : aucun dénominateur commun entre Olga Neuwirth investissant l'église San Lorenzo de Venise, DJ Chloé dans les Jardins du Palais Royal, entre Stefano Gervasoni et son *Fado Erratico*, et le jongleur Jérôme Thomas, sauf leur mobilisation pour une recherche artistique qui leur a permis d'étendre leurs propres moyens expressifs. La vitalité des productions de l'Ircam se mesure directement à l'abondance des tournées et à la présence de l'Ircam dans les grands rendez-vous et festivals de création : Holland Festival et Festival de Salzbourg, la biennale de Venise, Musica à Strasbourg, le festival de Donaueschingen, Archipel à Genève, les Festtage de Berlin. Cette dissémination tout au long de l'année a permis de présenter 119 concerts et spectacles, dont 35 œuvres différentes en tournée.

Ces indicateurs positifs n'oblitérent pas le fait que l'ensemble de l'équilibre financier de l'Ircam est lourdement dépendant des projets et leviers extérieurs. L'équilibre en 2015 n'a pu être établi que par la croissance exceptionnelle des recettes de valorisation industrielle – l'ensemble des recettes propres de l'Ircam s'élevant en 2015 à 30 % du budget total. La réduction notable des projets encore soutenus par l'ANR, constitue un handicap structurel pour les années à venir, malgré les relais européens. Cet enjeu a été porté à la connaissance de l'ensemble des tutelles impliquées. À cet égard il est à noter que la part du financement de l'Unité mixte de Recherche par l'Ircam / MCC est passée de 81 % en 2010 à 61 % en 2015, signifiant l'investissement croissant des partenaires CNRS et UPMC dans les activités de recherche du laboratoire. Au moment où le nouveau projet du Centre Pompidou remobilise pleinement l'Ircam, ces paramètres financiers sont déterminants pour l'Ircam, tout à la fois pour son projet artistique, scientifique, culturel et pour la dynamique des processus d'innovation.

# LE CONSEIL D'ADMINISTRATION

---

**Au 31 décembre 2015 :**

## PRÉSIDENT

**Serge LASVIGNES**, *président de l'Association  
Président du Centre Pompidou*

## MEMBRES

### ■ de droit

#### Michel BIDOIT

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

#### Michel ORIER

*Directeur de la DGCA, ministère de la Culture et  
de la communication*

#### Jacques DUBUCS

*Chef du SSRI A6, ministère de l'Enseignement supérieur  
et de la Recherche*

### ■ désignés

par le président du Centre Pompidou

#### Bernard BLISTÈNE

*Directeur du Musée, Centre Pompidou*

#### Denis BERTHOMIER, trésorier de l'Association

*Directeur général du Centre Pompidou*

par le ministre de la Culture et de la communication

#### Gérard BERRY, secrétaire de l'Association

*Professeur au Collège de France*

### ■ élus par l'Assemblée générale

#### Laurent BAYLE

*Directeur de la Cité de la musique*

#### Pierre BOULEZ

*Compositeur*

*Directeur honoraire de l'Ircam*

#### Claude CADOZ

*Directeur de l'ACROE (Association pour  
la création et la recherche des outils d'expression)*

#### Jean CHAMBAZ

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

#### Jean-Charles POMEROL

*Conseiller à la présidence*

*de l'université Pierre et Marie Curie – Paris-6*

## 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

#### Michel RAMOS

*Contrôleur Financier, ministère de la Culture  
et de la communication*

#### Emmanuelle DUTILLOY

*Adjointe au Chef du département du contrôle budgétaire,  
ministère de la Culture et de la communication*

#### Astrid BRANDT-GRAU

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

#### Michel GIRE

*Commissaire aux comptes*

## LE CONSEIL SCIENTIFIQUE

La composition du conseil scientifique de l'Ircam, renouvelée en décembre 2015 pour deux ans, est la suivante :

Experts présents		Pays	Affiliation/ statut
Beaudouin-Lafon	Michel	F	Professeur université Paris 11 - LRI
Berger	Jonathan	USA	Professeur CCRMA, Stanford University, USA
Berry	Gérard	F	Professeur Collège de France
Bloch	Isabelle	F	Professeur Télécom Paris Tech
Brandt-Grau	Astrid	F	Chef du DREST - ministère de la Culture et de la communication, MRT/ DDAI
Dubus	Bertrand	F	Professeur ISEN
Dutoit	Thierry	B	Professeur Faculté Polytechnique de Mons
Ellermeier	Wolfgang	D	Professeur Université Technique de Darmstadt
Hazaël-Massieux	Dominique	F	W3C
Johnson	Patrick	F	VP Corporate R&D - Dassault Systèmes
Lamnabhi-Lagarrigue	Françoise	F	Directeur Recherche - L2S- Supelec
Leman	Marc	B	Professeur Université de Gand
Lissek	Hervé	CH	EPFL
Poirier	Alain	F	Directeur Recherche - CNSMDL
Truchetet	Frédéric	F	Professeur université de Bourgogne
Van Roy	Peter	B	Professeur université de Louvain

## LES TUTELLES SCIENTIFIQUES DE L'UMR STMS



<http://www.ircam.fr/stms.html>

L'Ircam, association à but non lucratif reconnue d'utilité publique, est associée au Centre Pompidou et placée sous la tutelle du ministère de la Culture et de la communication. Le développement de liens structurels avec de grandes institutions de recherche et d'enseignement supérieur constitue pour l'Ircam une priorité destinée à promouvoir son inscription dans le paysage national et international de la recherche.

L'unité mixte de recherche STMS (Sciences et technologies de la musique et du son-UMR 9912), regroupe chercheurs et enseignants-chercheurs de l'Ircam, du CNRS et de l'UPMC (université Paris-6) autour d'un projet scientifique pluridisciplinaire.

Dans le cadre du CNRS, l'UMR est rattachée à titre principal à l'Institut des sciences et technologies de l'informatique et de ses interactions (INS2I) et à titre secondaire aux instituts INSIS (Sciences de l'ingénierie et des systèmes), INSHS (Sciences de l'homme et de la société) et INSB (Sciences biologiques). Dans le cadre de l'UPMC, elle est intégrée à la faculté d'Ingénierie - UFR 919 relevant du Pôle de recherche Modélisation et ingénierie.

Une collaboration a été initiée avec l'Inria autour de la création de l'équipe projet commune MuTant, portant sur l'élaboration de langages synchrones pour la musique et l'analyse temps réel des flux audio.

La période contractuelle en cours de l'UMR s'étend de janvier 2014 à décembre 2018.

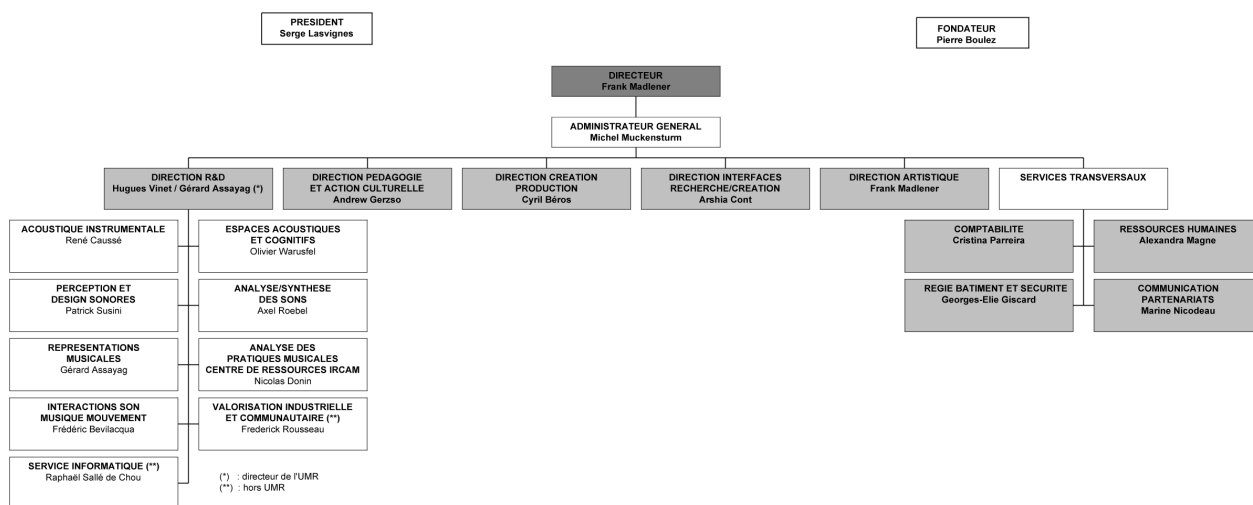
Directeur : Gérard Assayag

Directeur-adjoint : Hugues Vinet

En 2015, le laboratoire est constitué des équipes suivantes :

- Acoustique instrumentale ;
- Espaces acoustiques et cognitifs ;
- Perception et design sonores ;
- Analyse et synthèse des sons ;
- Représentations musicales ;
- Analyse des pratiques musicales ;
- Interaction son musique mouvement ;
- Centre de Ressources Ircam regroupant un fonds documentaire commun entre le CNRS et l'Ircam.

# L'ORGANIGRAMME



L'Ircam a changé de président en 2015. Serge Lasvignes, nommé président du Centre Pompidou, a ainsi été élu président du conseil d'administration en mai 2015.

Le responsable informatique a changé de titulaire après le départ à la retraite intervenu courant 2015. D'autres changements vont intervenir dès le début 2016, suite au départ à la retraite au 31 décembre 2015 du responsable de la régie bâtiment.

La communauté de travail de l'Ircam est en croissance de quatre personnes. L'équipe permanente en représente 47,75 %.

L'effectif permanent en CDI enregistre une réduction de 2 postes, l'un dans les services généraux par le recrutement en contrat de professionnalisation d'une comptable, l'autre dans la création artistique suite au départ non encore remplacé du second régisseur général.

## Les effectifs 2015 en ETP :

Départements	Salariés		Non Salariés				Total
	CDI	CDD	Stagiaires	Doctorants	Chercheurs invités	Salariés détachés	
Recherche & Développement	34	22	9	22	4	21	111
Création	20	9	1	0	0	0	31
Pédagogie	8	1	0	0	0	0	9
IRC	3	0	0	0	0	0	4
Communication et partenariats	6	2	0	0	0	0	8
Services généraux	14	2	0	0	0	0	16
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>	<b>37</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>178</b>
Effectif 2014	87	35	13	20	3	16	174
Évolution	-2	1	-3	2	1	5	4

Le nombre de salariés en CDD est en croissance de 2 postes, dont l'un déjà mentionné en comptabilité et l'autre en remplacement de congés maternité dans différents services.

Le laboratoire de recherche intègre dans sa structure une large communauté de stagiaires, doctorants (en hausse de 2 postes), chercheurs invités et salariés détachés.

Le nombre de salariés détachés est en hausse de 5 postes en 2015 soit en hausse de 29 %.

De nouvelles affectations de personnel de l'université Pierre et Marie Curie et du CNRS ont été réalisées en 2015.

Le CNRS a pourvu un chercheurs et deux postes : 1 technicien électronique et 1 agent administratif.

L'UPMC a pourvu 2 postes de chercheurs supplémentaires.

L'origine des vingt et un salariés détachés est la suivante :

- 12 personnes détachées par le CNRS ;
- 5 personnes détachées par l'UPMC ;
- 1 personnes détachée par l'INRIA ;
- 3 autres organismes universités (Strasbourg, Paris-8).



## LES CHIFFRES CLÉS

### PERSONNES

**178** personnes  
(en équivalent temps plein)

### PUBLICATIONS

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

**88** conférences invitées  
dans des congrès nationaux  
et internationaux

**22** ouvrages scientifiques  
ou chapitres d'ouvrages

**11** thèses de doctorat  
et HDR

### CRÉATIONS : CONCERTS ET SPECTACLES

**119** concerts et spectacles

Dont

**29** en saison

**23** ManiFeste – le festival

**11** ManiFeste – Académie

**56** tournées

**90 822** spectateurs  
(dont 26 150 à l'Opéra Garnier)

**220 000** dans le cadre  
de *Ad Nauseam* de Tania Mouraud

### DIFFUSION WEB

**320 734** brahms.fr

**231 631** ircam.fr

**86 731** médiathèque.fr

**97 188** forumnet.fr

**736 284** soit

**2 017** visiteurs par jour en 2015

## Janvier

Lancement du «Music Technology Program» avec New York University



© DR

## 26 et 27 janvier

International Web Audio Conférence avec Mozilla, W3C et Google



© DR

## 2 avril

Concert Cursus dédié à la jeune création



© Florian Léger

## 8 avril

Sortie du film de Jamel Debbouze *Pourquoi j'ai pas mangé mon père*



## 3 juin

Colloque Sacem Université « Quel futur pour la création musicale ? »



© DR

## 6 juin

Journée Portes ouvertes à l'Ircam



© Andrew Gerzso

## 10-14 juin

1<sup>er</sup> Focus Musique contemporaine de l'Institut français



## 13-15 février

Workshop international Mathemusical Conversations à Singapour



© Bengt Wansellus

## 5 et 7 mars

Création de *Solaris*, opéra de Dai Fujikura et Saburo Teshigawara, au Théâtre des Champs-Élysées

© DR

## 29 avril

Rencontre des Centres nationaux de création musicale à l'Ircam



## 2 juin-2 juillet

Festival et académie ManiFeste, 4<sup>e</sup> édition sur le thème de « l'œuvre-monde »

© Jean-Baptiste Millot



Michel Tabachnik

## 2 juin

Ouverture du festival avec le *Requiem* de Zimmermann

© DR



© DR



## 11 juin

*Répons* de Pierre Boulez à la Philharmonie de Paris

COMITÉ COLBERT

## 12 juin

L'Ircam devient membre associé du Comité Colbert





**11-14 juin**  
L'Ircam à Futur en Seine

**21 juin**  
Chloé X Ircam, une expérience collective interactive pour la Fête de la musique



© Deborah Lopatin



© Hervé Véronèse

**30 septembre**  
Création de *Dels dos principis* de Henry Fourès avec le circassien Jérôme Thomas



**Octobre**  
Succès de l'Ircam aux appels européens H2020 : lancement des projets ABC\_DJ, Orpheus et MIM



© Belleville 2015 - Thinkstock

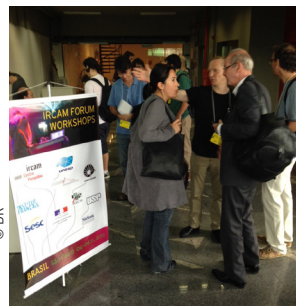
**8-10 octobre**  
Colloque international TCPM'15 (Tracking the Creative Process in Music)

**18 octobre**  
Création de *Le Encantadas* d'Olga Neuwirth à Donaueschingen



© Harald Hofmann

Olga Neuwirth  
**29 octobre-6 novembre**  
Ateliers du Forum à Buenos Aires et Sao Paulo



© DR

Atelier Forum Brésil



**13 novembre**  
Séminaire inaugural du Collegium Musicae

**24-26 novembre**  
Ateliers du Forum à Paris et concert Ircam Live à la Gaité lyrique



© Quentin Chevrier pour Art2M/Arcaidi

**3-21 décembre**  
Soirées en l'honneur de Pierre Boulez à l'Opéra de Paris : création de Wayne McGregor sur *Anthèmes 2*



© DR

# 2015 en images





## **LE DÉPLOIEMENT DE LA RECHERCHE ET DE L'INNOVATION**



La structuration institutionnelle des activités de recherche de l'Ircam s'est poursuivie en 2015 par la formalisation de leurs relations avec la Comue Sorbonne Universités, à travers la fondation du Collegium Musicae et la signature d'une convention-cadre de collaboration. Leur rayonnement s'est manifesté par l'organisation de plusieurs conférences internationales de référence, par leur contribution à l'établissement de standards de portée majeure et par des résultats inédits, tant dans les succès rencontrés dans les appels à projets européens H2020 que dans l'ampleur des produits de valorisation technologique.

## LE COLLEGIUM MUSICAE ET SORBONNE UNIVERSITÉS



L'Ircam, à travers l'Unité mixte de recherche Sciences et technologies de la musique et du son qu'il héberge, est membre fondateur du Collegium Musicae, l'un des premiers instituts transversaux de Sorbonne Universités. Sans équivalent sur le territoire français, le Collegium Musicae consiste en un regroupement exceptionnel de neuf organismes de recherche et de formation consacrés aux musiques savantes, populaires et traditionnelles, au sein de Sorbonne Universités (dont le Musée de la musique, le Musée de l'Homme, le Pôle supérieur Paris-Boulogne-Billancourt et différents instituts et UFR). Il crée ainsi une opportunité unique de dialogue soutenu entre sciences exactes et sciences humaines dans le cadre d'une continuité entre recherche, formation, création et valorisation. L'émergence de nouveaux champs de recherche transversaux est conduite autour de trois axes : instruments et interprètes, archives et patrimoine, analyse et création, qui s'attachent à valoriser l'innovation.

Le séminaire inaugural du Collegium Musicae s'est déroulé en novembre 2015 à la Philharmonie de Paris. 2016 s'est ouverte avec une résidence de création du Collegium à l'Ircam.

De plus, l'établissement de liens structurels de l'Ircam, en tant que tutelle de recherche, avec la Comue Sorbonne Universités s'est concrétisé par la signature d'une convention-cadre de collaboration entre les deux institutions et portant sur les aspects de recherche, valorisation et formation.

## **DES COLLOQUES INTERDISCIPLINAIRES INTERNATIONAUX EN EUROPE ET EN ASIE**

---

### **TCPM 2015**

<http://tcpm2015.ircam.fr>

Principal rendez-vous international des chercheurs qui interrogent les processus de création musicale, la troisième édition du colloque TCPM – Tracking the Creative Process in Music ou Analyser les processus de création musicale – s'est tenue en octobre 2015 à Paris à l'Ircam-Centre Pompidou, à la Sorbonne et au Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris autour de plusieurs personnalités – Howard S. Becker, Georgina Born (Université d'Oxford), Nicholas Cook (Université de Cambridge), Jonathan Cross (Université d'Oxford), William Kinderman (Université d'Illinois), Pierre-Michel Menger (Collège de France, EHESS), Jessie Ann Owens (Université de Californie, Davis), Friedemann Sallis (Université de Calgary), historiens, musicologues, psychologues, sociologues, spécialistes des sciences cognitives, ethnomusicologues, anthropologues – qui ont été invitées à confronter leurs méthodologies respectives. Ce colloque témoigne du renouveau actuel de la musicologie, auquel contribue activement l'équipe Analyse des pratiques musicales de l'Ircam qui étudie, non seulement les œuvres musicales, mais aussi les pratiques de créativité, de production, d'interprétation, de réception qui leur donnent sens.

Coordinateurs: Nicolas Donin (Ircam-STMS), Hyacinthe Ravet (IReMus, université Paris Sorbonne), Jean-François Trubert (CTEL, université de Nice Sophia Antipolis).

### **MATHEMATICAL CONVERSATIONS**

L'institut et son UMR ont co-organisé à Singapour en février 2015 le workshop international Mathematical Conversations, dans le cadre du 100<sup>ème</sup> anniversaire de l'université de Singapour. Cet événement a drainé un public important issu de toute l'Asie et constitué une première dans l'affichage des relations mathématiques-musiques pour cette région du monde, après le Forum Diderot Mathématiques et Musiques Paris/Vienne/Lisbonne, organisé lui aussi par l'Ircam, pour l'Europe.

### **1<sup>ÈRE</sup> CONFÉRENCE INTERNATIONALE WEB AUDIO**

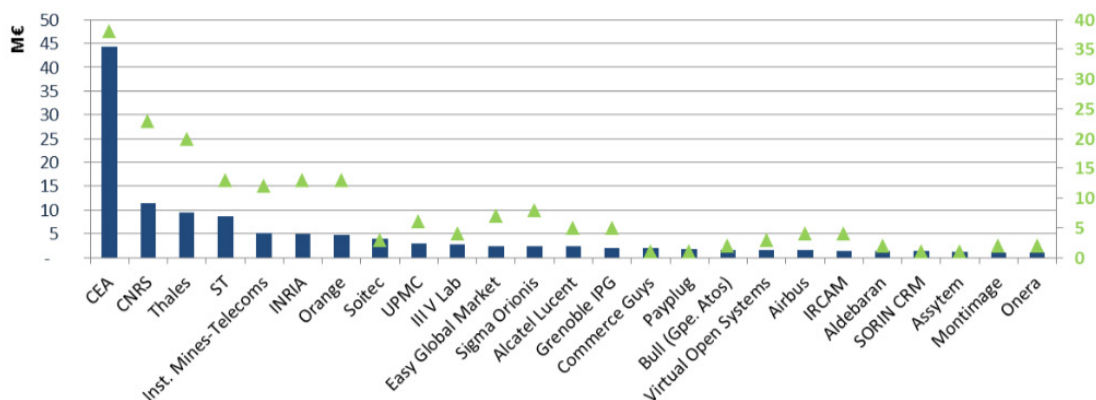
<http://wac.ircam.fr>

L'Ircam a co-organisé en janvier 2015, avec la société Mozilla et avec le soutien du W3C et de Google, la première édition de cette conférence internationale consacrée à un standard émergent du web, la web audio API (cf. ci-après).

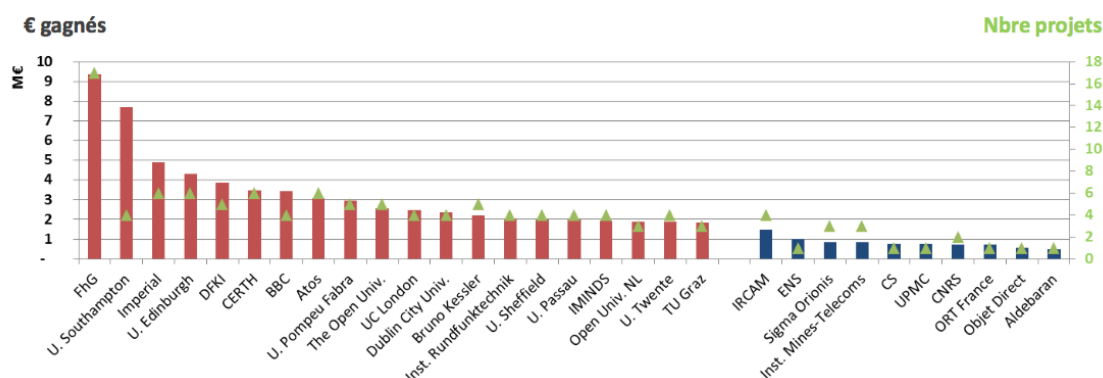
## SUCCÈS AUX APPELS EUROPÉENS HORIZON 2020

Le programme H2020 a été lancé par la Commission européenne comme cadre global de ses appels à projets de recherche à partir de 2014. L'implication active de l'Ircam dans ce programme a donné lieu à l'obtention remarquable en deux ans de cinq projets dont il est partenaire. MusicBricks et Rapid-Mix (équipe Interactions son musique mouvement), démarrés en 2015, se consacrent respectivement aux interfaces homme-machine multimodales et aux transferts industriels de grands centres de recherche musicale auprès d'entreprises du secteur. Liés également à la thématique ICT (Information and Communication Technologies), les projets ABC-DJ et Orpheus, concernent l'application de méthodes d'indexation musicale au « sound branding » (équipe Analyse et synthèse des sons) et le développement de techniques objet en production sonore spatialisée (équipe Espaces acoustiques et cognitifs). Un projet de post-doctorat, MIM, a également été sélectionné par le programme Marie Skłodowska Curie (équipe Interactions son musique mouvement). L'Ircam a de plus activement contribué à la prise en compte du rôle d'artiste dans l'innovation technologique, qui se concrétise pour la première fois dans les nouveaux appels ICT 2016-2017.

À l'issue de ces deux premières années de programme H2020, d'après les statistiques compilées par le Point de contact national TIC au ministère de la Recherche (cf. figures ci-après), l'Ircam se situe, aux côtés d'acteurs de tailles beaucoup plus importantes, parmi les 20 premiers bénéficiaires français dans le domaine des technologies de l'information et de la communication et premier bénéficiaire français pour celles relatives au traitement des contenus numériques.



Grands bénéficiaires français - Programme H2020 ICT 2014-15



Premiers bénéficiaires européens (en rouge) et français (en bleu) Programme H2020 ICT 2014-15, traitement des contenus numériques

## L'IRCAM PIONNIER DES TECHNOLOGIES ÉMERGENTES

### CONTRIBUTION AUX STANDARDS INDUSTRIELS

L'année 2015 a été marquée par la contribution de l'Ircam à deux standards industriels qui sont à même de révolutionner les technologies sonores.

Aboutissement du projet Wave soutenu par l'ANR, le colloque WAC (Web Audio Conference), organisé en janvier 2015 a constitué la première édition de cette conférence internationale consacrée au standard web audio du W3C, permettant l'exécution d'algorithmes de synthèse et de traitement du son en temps réel dans les logiciels de navigateurs sur tous types de plates-formes à partir d'une simple page web. Ce standard ouvre de nouvelles possibilités de déploiement d'algorithmes de traitement de signal audio et constitue le principal support technique d'expérimentations menées dans le projet Cosima soutenu par l'ANR sur l'interaction musicale multi-utilisateurs.

Autre résultat remarquable du projet FUI BiLi, le format SOFA (Spatially Oriented Format for Acoustics), standardisé par l'Audio Engineering Society (AES), constitue la première norme pour la représentation de données binaurales, étape décisive de la généralisation de cette technique pour le rendu tridimensionnel du son au casque, qui trouve des usages de plus en plus massifs en situation de mobilité. Dans le cadre du projet BiLi, l'Ircam met en place un serveur web qui donnera accès à des bases de données de HRTFs (head-related transfer functions, jeux de filtres liés aux fonctions de transfert de la tête) produites par plusieurs laboratoires de recherche dans le monde, facilitant la production d'applications de rendu binaural et leur démocratisation auprès d'un large public. Une large place doit être donnée à ces travaux à la 140<sup>ème</sup> Convention de l'AES se tenant en juin 2016 au Palais des Congrès de Paris.

### L'INNOVATION MADE IN IRCAM

Une avancée particulièrement importante pour la valorisation industrielle des technologies de l'Ircam a été, entre autres, la conclusion, avec Universal Music Group, leader mondial de la musique enregistrée, d'un accord global de licence sur les technologies d'indexation automatique de morceaux de musique. Cette collaboration, qui marque l'aboutissement de 15 années de recherches pionnières dans le domaine Music Information Retrieval menées dans de nombreux projets (dont CUIDADO, SemanticHIFI, Ecoute, Quaero, Bee Music), conforte le positionnement international des recherches dirigées par Geoffroy Peeters sur ce thème qui mobilise de nombreux chercheurs dans le monde.

Autre vecteur d'innovation made in Ircam, le renouvellement des collections logicielles de l'Ircam s'est effectué sur plusieurs fronts, avec notamment la finalisation et la commercialisation en fin d'année par Ableton de la version 2 des IrcaMax, qui propose de nombreuses fonctions nouvelles étendant celles de son environnement Live, telles que des filtres qui font appel au moteur de modélisation physique Modalys ou la création d'effets de chœur à partir de voix. L'année a également été consacrée à la préparation de nouveaux opus dont The Snail – Absolute Tuner, commercialisé en janvier 2016 dans la collection Ircam Lab ou une toute nouvelle version du logiciel Spat par la société Flux:: dans la collection Ircam Tools, dont la sortie est également prévue en 2016.



La contribution à la création de jeunes pousses est une autre dimension importante de l'innovation made in Ircam. En 2015, deux d'entre elles ont été lauréates de iLab – 17<sup>ème</sup> concours national d'aide à la création d'entreprises de technologies innovantes : iMuze, d'Arshia Cont autour de la technologie Antescofo et SYOS (shape your own sound) de Pauline Eveno qui fabrique des becs d'instruments à vent à partir de technologies d'impression 3D, cette dernière ayant également été lauréate du concours Docteurs entrepreneurs et obtenu un prix de la fondation Norbert Ségard. La prestation de Phonotonic (Nicolas Rasamimanana) au CES de Los Angeles en janvier 2016 a en outre été particulièrement remarquée.

L'Ircam et l'UMR STMS ont également été partenaires de la SATT LuTech pour l'organisation à l'automne 2015 du concours BeTheFutureOfSound destiné à faire émerger et soutenir des propositions d'innovation de rupture dans le domaine du son et de la musique.



## LE FORUM DES TECHNOLOGIES : INTERNATIONALISATION CROISSANTE

### RECHERCHE ARTISTIQUE ET RÉSEAUX FORUM



© Paola Palumbo

L'interaction entre la recherche et la création constitue un travail continu de veille, de transmission d'informations, de vulgarisation et de diffusion.

Au sein du département Interfaces recherche/création, on développe la communauté des membres du Forum, on incite la diversification des usages des technologies auprès d'artistes et designers divers, on est vecteurs de promotion de la création et du savoir-faire de l'Ircam.

L'année 2015 a particulièrement été marquée par l'organisation de présentations et de moments de rencontres de la communauté d'utilisateurs Forum à Paris et hors les murs, mais aussi par le lancement de nouveaux partenariats et une nouvelle dynamique d'animation sur les réseaux.

Le développement de réseaux d'acteurs et d'utilisateurs passe également par la réunion des acteurs principaux de la création et recherche musicale dans un premier temps en France. À la demande de Futurs Composés, ont été accueillis, pour une journée à l'Ircam, les centres nationaux de création musicale (CNCM) et des discussions ont été lancées pour des possibilités d'échanges et de mutualisation, notamment à travers Forumnet.

### ARTISTES EN RÉSIDENCE

En 2015, le département IRC a accueilli en résidence artistique et coordonné les projets de :

- Nicolas Mondon : travail sur un violon smart (en collaboration avec l'équipe Acoustique instrumentale) ;
- José Miguel Fernandez : écriture de l'interaction et synchronisation dans l'environnement Antescofo (en collaboration avec l'équipe Mutant) ;
- Aaron Einbond : synthèse sonore avec Catart (en collaboration avec l'équipe Interactions son musique mouvement) ;

- Geof Holbrook : environnement compositionnel qui permet la visualisation d'une procédure multi-process (en collaboration avec l'équipe Représentations musicales) ;
- Juan Arroyo et le Quatuor Tana augmenté (en collaboration avec l'équipe Acoustique instrumentale) ;
- Greg Beller : fin du projet Synekine dans le domaine des interfaces homme-machine (en collaboration avec l'équipe Interactions son musique mouvement) ;
- Marco Stroppa : étude des stratégies de synchronisation dans le langage Antescofo (en collaboration avec l'équipe Mutant).

Plusieurs artistes de l'univers électro-pop ont été accueillis par les équipes R&D (Holly Herndon, Pantha du Prince, Woodkid..) afin de rechercher des intérêts communs avec les équipes R&D.

### COORDINATION INTERNE : JOURNÉES RECHERCHE/RIM(CE)

Depuis la rentrée de septembre 2015, le département Interfaces recherche/création organise et coordonne des journées mensuelles consacrées au partage de connaissances, d'expériences entre les chercheurs/développeurs et les RIM/RIMCE.

Le format de ces journées peut varier en fonction des sujets abordés, mais elles sont généralement découpées en deux parties : la matinée est consacrée aux présentations des chercheurs/développeurs (en soulignant particulièrement les projets en cours ou à venir) ; l'après-midi est dédié à l'expérimentation entre RIM et RIMCE autour des technologies abordées le matin. L'organisation de ces journées a été rendue possible grâce au temps libéré par les départements Production et Pédagogie ainsi qu'au fort engagement du département R&D.

- 7 septembre, avec l'équipe Interactions son musique mouvement : outils autour du geste, traitement de données, filtrage... ;
- Le 5 octobre, avec l'équipe Représentations musicales : outils et techniques d'improvisation : (OMax, ImproteK) ;
- Le 9 novembre, avec l'équipe Représentations musicales : Orchids ;
- Le 7 décembre, avec l'équipe Analyse et synthèse des sons : MIR.

## LE FORUM

### ■ Le Forum en chiffres

Après 3 ans, la plate-forme web Forumnet <http://forumnet.ircam.fr> totalise plus de 5 500 membres actifs inscrits. En 2015, le site a franchi un nouveau cap avec plus de 97 000 visites, dont 47 % de nouveaux internautes, et une progression de 30 % par rapport à 2014. Cette progression a d'ailleurs induit le développement d'une dimension sociale via les groupes de discussions et les premiers Ateliers du Forum hors les murs en Amérique du Sud (Buenos Aires, Sao Paulo).

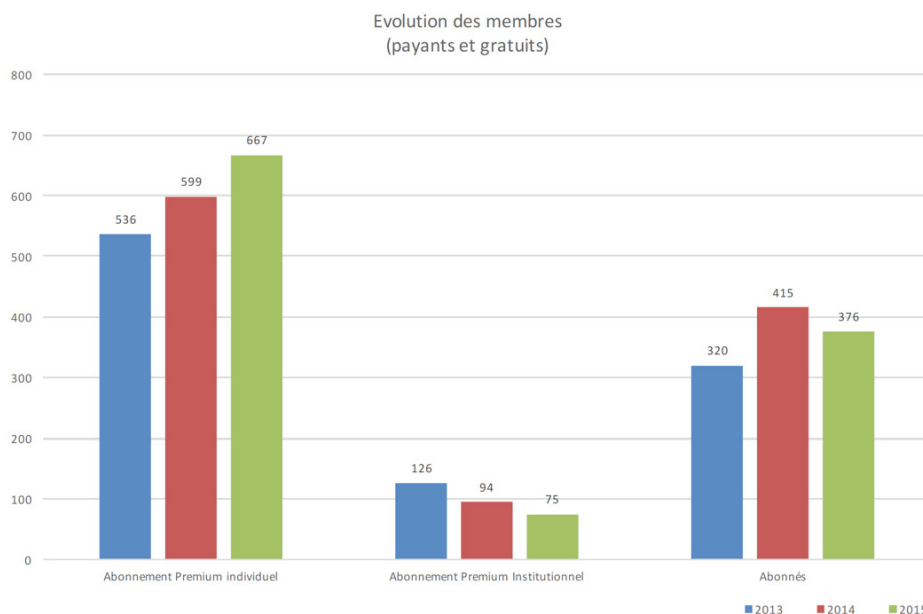
Même si le nombre total de membres connectés augmente, le nombre de membres ayant téléchargé des technologies (1 118) est stable par rapport à 2014 (1 108).

Sur 1 118 membres : 667 Premium Individuel, 75 Premium Institutionnel et 376 disposent d'une technologie à l'unité.

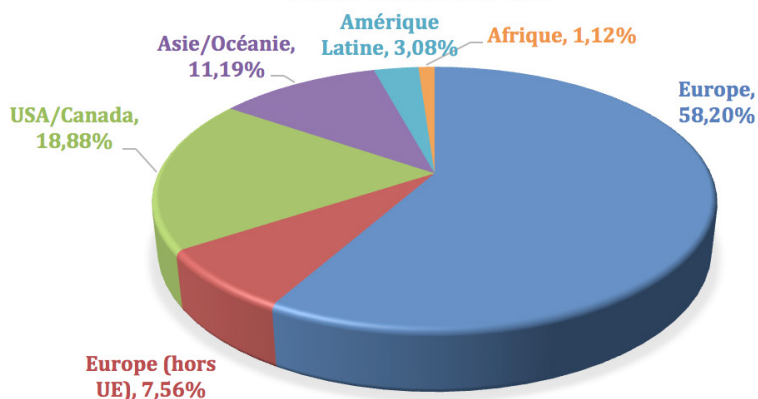
On constate une progression des inscriptions payantes (+11,38 %) et principalement une hausse pour les Premium Individuels (+19,25 %) et l'achat des technologies à l'unité (+9,62 %) qui compensent la baisse des inscriptions Premium Institutionnel (-11,76 %).

Le nombre de nouveaux membres Premium Individuel est stable. Le nombre de renouvellements des inscriptions Premium Individuel est en hausse (+45 %), ce qui démontre un taux de fidélité en notre faveur.

Concernant les institutions, le nombre des premières inscriptions Forum Premium est en baisse et le nombre de renouvellements au Forum Premium est stable. Les institutions semblent de plus en plus se tourner vers l'achat de technologies à l'unité.



## RÉPARTITION DES MEMBRES PAYANTS PAR CONTINENT



On remarque une augmentation des membres sur tous les continents, hors Europe.

Une analyse des usages de logiciels en détail nous permet de remarquer que l'achat de Orchids a doublé par rapport à 2014, ce qui confirme l'intérêt des utilisateurs pour cette technologie. Audiosculpt reste le logiciel le plus téléchargé avec 28 % d'utilisateurs, suivi du Spat (20 %).

Le chiffre d'affaires du Forum est stable avec environ 169 Keuros, auquel s'ajoutent les recettes en provenance des royalties du logiciel MAX (environ 21 Keuros). La nouveauté a été le développement de parrainages et sponsorships (Kering, RBMA), partnerships (Universités UNSAM de Buenos Aires, Design Week Festival à Milan et Medimex à Bari) et mécénats (Institut français) qui ont rapporté en valeur totale 45 Keuros supplémentaires et qui ont permis le financement d'événements et manifestations exceptionnelles (cf. chapitre Partenariats).

Animer la communauté Forum nécessite une veille sur les réseaux et sur les groupes de discussions ainsi qu'une réactivité dans les mises à jour des logiciels.

Dans Forumnet, sont actifs 28 groupes de discussions sur des technologies et usages variés.

**■ Nouveaux outils de communication**

Une nouvelle dynamique anime la communication du Forum sur les réseaux.

En 2015, le département a participé à l'étude et au choix des outils et applications pour emailing, il a intégré de nouveaux outils tels que E-venement (nouvelle base de contacts) et Messagebusiness (nouveau outil d'emailing), ouvert un compte Twitter @forumnet (+ 150 abonnés) et un chantier de réflexion et d'essai pour la newsletter forum (gabarit, import fichiers et contacts).

Un premier teaser Forum a été réalisé par le service audiovisuel du Centre Pompidou.

**■ Partenariats**

Les contenus et projets partagés par le Forum suscitent l'intérêt et l'implication de nouveaux partenaires et de modèles récents d'organisation.

Un parrainage a été mis en place avec le groupe Kering, avec un accueil des directeurs des ressources humaines et de l'innovation du groupe au sein de l'Ircam.

La Red Bull Music Academy (RBMA) a établi ses quartiers à la Gaîté lyrique de Paris à l'automne 2015. Pour ses Ateliers, le Forum s'est associé à la RBMA qui s'adonne à la promotion de la création musicale électronique.

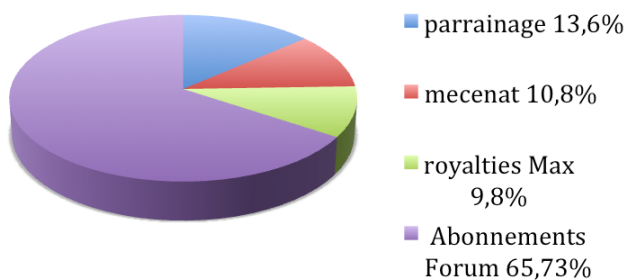
Le Forum a répondu à l'invitation de la Design Week à Milan et de l'IED (école internationale de design) et, à cette occasion, trois personnes ont représenté l'Ircam pendant le festival en avril.

Des partenariats de communication ont été renouvelés avec le Prix Quartz qui s'est déroulé à la Cité de la mode et du design (remise du prix Forum Premium aux gagnants

du Quartz expérimental) et avec la Digital Week Paris (accueil de leur conférence en échange d'encart pub sur le Magazine des cultures digitales MCD).

Pour la deuxième année consécutive, le Forum a répondu à l'invitation du Medimex, Salon de l'innovation Musicale à Bari, qui a offert un stand et financé le voyage de l'équipe. Après avoir montré en 2014 les technologies du traitement de la voix, en 2015 un focus a été effectué sur les technologies de l'équipe Interactions son musique mouvement, de même qu'un appel à participants a été lancé sur le site du Medimex.

Un nouveau partenariat avec Arcadi et la biennale des arts numériques a été accueilli dans le cadre du concert Ircam Live 2015 à la Gaîté lyrique.



Répartition de recettes IRC année 2015

**■ Forum et concert Ircam Live**



Holly Herndon – concert Ircam Live

© Quentin Chevrier pour Art2M / Arcadi

Les Ateliers du Forum, rencontre annuelle des membres du Forum, suscitent l'échange et le partage autour des technologies innovantes pour la musique et le son.

Ils ont eu lieu à l'Ircam et à la Gaîté lyrique, du 24 au 26 novembre à Paris. En 2015, le succès se confirme avec 140 participants sur 2 lieux, 3 jours de conférences et workshops, 25 conférenciers, 23 sessions hands-on et démos et 2 tables rondes. Ce rendez-vous annuel est

désormais incontournable pour la communauté internationale d'informatique musicale et chaque année s'enrichit des apports des membres du Forum, des équipes R&D de l'Ircam, des laboratoires et universités partenaires (en 2015 GRAME, STEIM, GMEM, University of Huddersfield...), des apports de l'industrie (Flux, Cycling '74, Ableton, Roli...) et des collaborations et partenariats divers (RBMA, Arcadi, Gaîté lyrique).

Le concert Ircam Live, en coproduction avec Arcadi et en coréalisation avec la Gaîté lyrique, a été chaleureusement accueilli par le public (335 spectateurs).

Le programme a vu l'artiste américaine Holly Herndon en tête d'affiche, précédée par les performances d'Alex Augier, Marco Donnarumma et Assimilation Process en première partie. Cependant, le Forum n'a pas renouvelé le concours Ircam Live cette année, ce qui a ralenti la dynamique de l'événement.

### ■ Forum Hors les murs



© UNSAM

Suite à la forte croissance des membres du Forum hors de France depuis 2014, le département Interfaces recherche/création de l'Ircam renforce sa présence à l'international et organise, avec le soutien de l'Institut français et de partenaires scientifiques et artistiques locaux, des Ateliers Forum hors les murs. Les premiers Ateliers hors les murs ont eu lieu à Séoul en Corée du Sud, en partenariat avec l'Université de Hanyang. En 2015, les Ateliers Forum ont eu lieu à Buenos Aires du 29 au 30 octobre puis à São Paulo du 4 au 6 novembre.

Les Ateliers du Forum hors les murs veulent engendrer des réseaux collaboratifs pérennes à travers :

- le développement de nouvelles communautés d'utilisateurs des logiciels ;
- la diffusion du répertoire de la musique contemporaine française vers les artistes et les programmeurs locaux ;
- la mise en valeur du « made in » Ircam auprès du public, des artistes et des programmeurs locaux.

### Buenos Aires : 29 et 30 octobre 2015



© UNSAM

*Instituto de Artes Mauricio Kagel*

À l'invitation de l'Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) et de l'Area de Artes Sonoras, le Forum Ircam a lancé à Buenos Aires un premier vivier d'utilisateurs de technologies Ircam. Frank Madlener a accompagné la mission et introduit le Forum en Amérique Latine. Ce workshop s'est déroulé au même moment que la création argentine *Aliados* au Teatro San Martín, œuvre du compositeur Sebastián Rivas qui, à l'invitation du Forum, a accompagné la mission et animé une masterclass de composition à l'UNSAM.

En chiffres : 2 jours, 90 participants, staff Ircam : 6 personnes ; thématiques : overview R&D et Création Ircam, SmartInstruments, Max et applications en temps réel, Masterclass de composition.

### Sao Paulo : 4, 5 et 6 novembre 2015

Sous l'impulsion de trois universités constituées en consortium, l'Université de São Paulo (USP), la State University of São Paulo (UNESP) et l'Université de Campinas (UNICAMP) mais aussi de leurs coordinateurs, le Forum Ircam a organisé une rencontre internationale sur les technologies pour la musique et le son et coréalisé deux concerts au SESC Consolação, produits par le Studio PANaroma et les solistes de la Camerata Aberta.

La couverture presse a été particulièrement abondante au Brésil : un article paru dans le plus important journal de São Paulo, le Estado de São Paulo (Estado), et une série de publications sur l'événement dans plusieurs journaux et sites web ont vu le jour.



© P. Palumbo

En chiffres: plus de 200 participants ont pris part à ce rendez-vous; 17 conférences; 5 Hands-on; staff Ircam: 8 personnes; thématiques: overview R&D et Création Ircam, SmartInstruments, Max et applications temps réel, Masterclass de composition; 3 concerts, dont 2 coproduits par l'Ircam au SESC Consolacao.



© P. Palumbo

Concert du 4 novembre au SESC Consolacao

- *Tempo Irreal*, Alexander Lunsqui;
- *Dawnlight*, Jérôme Combie;
- *Closed Loop*, Robert H. Platz;
- *Intarsia*, Tatiana Catanzaro.

Avec les solistes de l'Ensemble Camerata Aberta

Concert du 5 novembre au SESC Consolacao

- *Entre O Arco e o Ar*, Sérgio Kafejian;
- *TransScriptio*, Flo Menezes;
- *Anthèmes 2*, Pierre Boulez;
- Soliste: Cláudio Cruz (violon).

Réalisation en informatique musicale: Serge Lemouton, Flo Menezes, Sergio Kafejan (Studio PANaroma)

Réalisation en informatique musicale pour *Anthèmes 2*: Andrew Gerzso

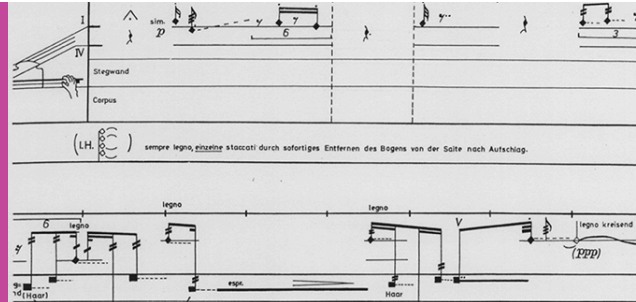
Ingénieur du son: Jérémie Henrot

Technique: Daniel Avilez (Studio PANaroma), Pedro Paulo Kohler (USP).

Le premier Forum hors les murs en Asie, avait permis de développer la communauté des membres (plusieurs dizaines de nouveaux utilisateurs et de contacts en Asie) alors que les Forum en Amérique Latine poursuivent sur cette ligne en vue de créer des communautés locales dynamiques qui s'autoalimentent. Le Forum a regroupé et consolidé au Brésil une importante communauté d'utilisateurs et occasionné en Argentine un intérêt grandissant pour le développement d'une communauté. C'est pourquoi, de nombreux échanges avec les participants ont été favorisés. Par ailleurs, des discussions sur des accords à moyen terme avec les universités – incluant l'organisation de séminaires, les cotutelles de thèses, stages et résidence d'artistes – vont être poursuivies en collaboration avec d'autres départements.



# 3



**DES SAVOIR FAIRE  
TRÈS RECHERCHÉS**



## LA DIVERSITÉ DES SIGNATURES ARTISTIQUES

L'année 2015 a été marquée par une grande diversité de signatures, venues chercher dans les studios de l'Ircam le contexte propice à la réalisation de projets artistiques originaux et exigeants. La compositrice Olga Neuwirth a ainsi sollicité les acousticiens pour reconstituer virtuellement l'espace sonore d'une église vénitienne et y plonger le spectateur de la Philharmonie 2 de Paris (création de *Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie*); le jongleur Jérôme Thomas s'est fait l'interprète de balles sonores connectées pour une pièce du compositeur Henry Fourès (création au Festival Musica); Jamel Debbouze a mis les équipes au défi de recréer la voix de Louis de Funès qu'aucun comédien ou imitateur d'aujourd'hui ne parvenait à imiter (film *Comment j'ai mangé mon père ?*). Et pour sa première participation officielle à la Fête de la Musique, l'Ircam a répondu au thème du «Vivre ensemble» proposé par le ministère de la Culture et de la communication en concevant une expérience collective et interactive live avec la DJ Chloé. Grâce aux dernières technologies web audio, les 2 000 spectateurs présents dans les Jardins du Palais-Royal le 21 juin ont participé à la performance de la DJ en lançant certaines séquences depuis leurs smartphones et en créant ainsi des nappes sonores collectives.

L'Ircam s'est affirmé de nouveau comme le lieu de la fabrique de l'opéra du XXI<sup>e</sup> siècle à travers deux productions inspirées des textes de Stanislas Lem et de Franz Kafka: *Solaris*, création de Dai Fujikura et Saburo Teshigawara au Théâtre des Champs-Élysées, puis *La Métamorphose* de Michaël Levinas dans une version revisitée par Le Balcon avec l'artiste visuel Nieto au Théâtre de l'Athénée.

Soulignons également le travail de valorisation du patrimoine musical européen avec la recréation du *Requiem* de Zimmermann, tableau éruptif et montage géant donnant la parole aux grandes figures du XX<sup>e</sup> siècle, en ouverture de ManiFeste et le *Fado Erratico* de Stefano Gervasoni d'après Amalia Rodrigues chanté par la portugaise Cristina Branco au Centre Pompidou. Sans oublier l'émergence du jeune compositeur et mathématicien Daniele Ghisi qui fut la révélation du festival avec deux installations: *An Experiment With Time* à la Maison de la Poésie et *Mon corps parle tout seul* au CENTQUATRE-Paris.

L'Ircam a activement participé aux célébrations internationales du 90<sup>e</sup> anniversaire de son fondateur, Pierre Boulez, notamment à la Philharmonie de Paris avec un concert de l'Ensemble intercontemporain réunissant différentes générations de compositeurs en mars puis en exposant ses archives au sein de l'exposition-événement «Pierre Boulez» du Musée de la musique. Cette constellation Boulez a culminé en juin avec la représentation de *Repons* dans l'espace de la Philharmonie. Cette œuvre cruciale conçue en 1981 dans les studios de l'Ircam fut reprise ensuite en tournée à Amsterdam et Salzbourg. En décembre, l'Opéra de Paris a clos l'année hommage avec une création du Britannique Wayne McGregor, chorégraphe féru d'intégration technologique, sur *Anthèmes 2*, pièce où la virtuosité humaine du violon est démultipliée par l'électronique en temps réel réalisée à l'Ircam.



© Luc Hossepiéd

### MANIFESTE

Festival et académie pluridisciplinaires, portes ouvertes sur l'innovation et la création émergente, ManiFeste-2015 invitait à la traversée d'œuvres-mondes qui s'affranchissent des limites et des formats contemporains et à une réflexion sur la musique comme art de la simultanéité. Les nombreux concerts, spectacles et installations sonores et vidéos présentés pendant le festival, ont connu un taux de remplissage moyen de 80 %. Présent deux fois à la Philharmonie de Paris (*Requiem* de Zimmermann, *Repons* de Pierre Boulez), déployé sur plusieurs scènes du spectacle vivant (Théâtre de l'Athénée, CENTQUATRE, Théâtre de Montreuil, Grande Salle du Centre Pompidou), ManiFeste s'inscrit aujourd'hui comme un grand rendez-vous pour les arts du temps, à Paris.



### ■ Spectacle vivant du XXI<sup>e</sup> siècle

- *Rhapsodie démente*, spectacle du chorégraphe et metteur en scène François Verret;
- *La Métamorphose*, nouvelle production de l'opéra de Michaël Levinas avec Le Balcon;
- *Il se trouve que les oreilles n'ont pas de paupières*, de Benjamin Dupé d'après Pascal Quignard;
- *Dawnlight/Night: Light*, spectacle d'Alban Richard, Jérôme Combier et Raphaël Cendo;
- In Vivo Théâtre: *Le sec et l'humide*, spectacle de Guy Cassiers d'après Jonathan Littell;
- In Vivo Electro: sortie de l'atelier de composition pour dispositif scénique et sonore, encadré par Christian Rizzo, Scanner et Caty Olive.



© Jean-Louis Fernandez

*Rhapsodie démente*

© Christophe Forey

*Il se trouve que les oreilles n'ont pas de paupières*

### ■ Installation sonore et vidéo

- *An Experiment With Time*, installation du compositeur Daniele Ghisi;
- *In Vivo Théâtre: Mon corps parle tout seul*, installation de Daniel Jeanneteau et Daniele Ghisi.

*An experiment with time*

© Daniele Ghisi

### ■ Concerts

- *Requiem pour un jeune poète* de Bernd Alois Zimmermann sous la direction de Michel Tabachnik;
- Un récital d'Isabelle Faust, sur violons baroques et modernes;



© Dettlev Schneider

*Isabelle Faust*

- Deux concerts monographiques de Philippe Hurel et de Georgia Spiropoulos;
- *Fado Erratico*, le fado électronique de Stefano Gevasoni pour la chanteuse Cristina Branco.

*Cristina Branco*

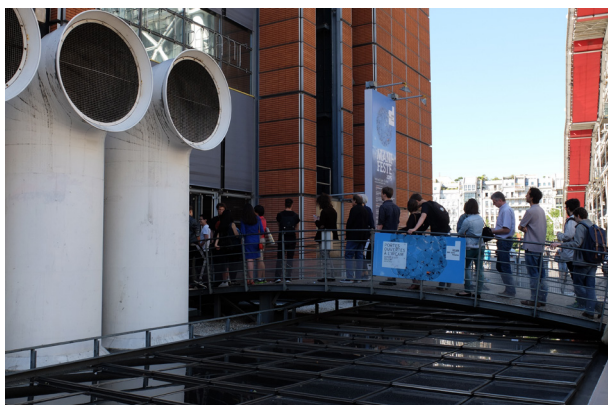
© Hervé Véronèse

- *Répons*, le chef d'œuvre spatialisé de Pierre Boulez à la Philharmonie de Paris;
- Un concert de l'Orchestre national de Jazz.

### ■ Le colloque Sacem Université « Quel futur pour la création musicale »

Le mercredi 3 juin au Centre Pompidou, l'Ircam et Sacem Université ont co-organisé une journée professionnelle, qui a permis aux artistes sociétaires de la Sacem de découvrir les dernières innovations pour la composition musicale développées à l'Ircam, de mieux connaître les méta-données dans les œuvres, une question cruciale pour les sociétés d'auteurs, et de débattre des enjeux de la musique de demain.

### ■ Les portes ouvertes à l'Ircam



© Andrew Gerzso

Cette nouvelle édition des portes ouvertes de l'Ircam, organisée l'après-midi du samedi 6 juin dans le cadre du festival ManiFeste, proposait une offre enrichie destinée à faire découvrir les multiples facettes des recherches de l'Ircam à un large public.

Après un accueil musical sur la place Stravinsky par le percussionniste Daniel Ciampolini, et en plus des conférences données sur les grands thèmes de recherche et des rencontres et démonstrations dans les bureaux et laboratoires des chercheurs, le public était invité à manipuler les dernières innovations par la pratique et le jeu : Ping Song (tennis de table musical interactif), chœur virtuel à partir d'une voix solo, karaoké interactif, spatialisation 3D, guitare intelligente avec accompagnement automatique, concert collectif de smartphones, installation interactive collective loops. Autre nouveauté, plusieurs parcours, installations et démonstrations issus des activités pédagogiques de l'Ircam étaient proposés, ainsi qu'une présentation des métiers de l'Ircam – chercheur, ingénieur du son, réalisateur en informatique musicale.

La fréquentation du public a été particulièrement soutenue, avec plus de 2300 visiteurs, en hausse de 20 % par rapport aux portes ouvertes 2014 et un temps de présence moyen par personne de plusieurs heures.

### ■ Le Focus Musique contemporaine de l'Institut français

À l'occasion de ManiFeste, du 10 au 14 juin à l'Ircam et chez les partenaires artistiques du festival, l'Institut français a programmé son tout premier « Focus » consacré à la musique contemporaine dans un objectif de coopération et de circulation des créations françaises à l'international. Cette opération de repérage a permis à 60 programmateurs étrangers de découvrir la création musicale française dans toute sa richesse et sa diversité à l'occasion des concerts du festival, de rencontres thématiques et de showcases.

### ■ L'Ircam à Futur en Seine à la Gaîté lyrique

Du 11 au 14 juin, l'Ircam a investi le Village des innovations de Futur en Seine pour des présentations et des démonstrations à la carte, dans une optique d'éducation numérique sur le son. Un programme « Made in Ircam » entre art et sciences au cours duquel les équipes pédagogiques de l'institut et du Forum Ircam ont partagé avec les visiteurs les applications artistiques et les produits professionnels issus des recherches actuelles sur la musique et le son, ainsi que des outils numériques, accessibles à tous.

### ■ Expérience live interactive pour la Fête de la musique : Chloé X Ircam

Inspirée par les nouvelles possibilités offertes par les technologies web audio issues des laboratoires de recherche de l'Ircam, la DJ a conçu une expérience sonore inédite et interactive : les sons circulent de ses machines aux smartphones des spectateurs. 2000 personnes ont participé au concert donné dans les Jardins du Palais-Royal le 21 juin, en lançant certaines séquences musicales avec leurs téléphones et en jouant ainsi de la musique collectivement.

## L'ACADÉMIE

Au cœur de ManiFeste, l'académie est un rendez-vous pédagogique où de jeunes compositeurs, artistes et musiciens du monde entier échangent et enrichissent leurs pratiques lors d'ateliers de composition, de master classes d'interprétation, de cours et de conférences. Ils bénéficient d'un environnement artistique et technologique d'envergure, ainsi que d'une large audience publique lors des sorties d'atelier.

L'académie met à l'honneur le répertoire et la création. Les jeunes compositeurs des ateliers de composition, encadrés par des artistes confirmés de renommée internationale, écrivent de courtes pièces interprétées par des ensembles expérimentés. Les master classes d'interprétation associent le répertoire du XX<sup>e</sup> siècle et la création récente dans une volonté de dépassement des spécialisations historiques et offrent un accès privilégié à des œuvres

de référence de la musique mixte, où la dimension de la projection sonore fait partie intégrante du dispositif de l'interprétation.

Pour la première fois, l'Ircam proposait un tout nouvel atelier autour de l'orchestration pour ensemble avec ou sans électronique, d'une étude du répertoire (György Ligeti, Luciano Berio, Niccolò Castiglioni). Ont également été proposés des cours de composition, des cours de technique instrumentale pour compositeurs par les solistes de l'Ensemble intercontemporain, des conférences « Innovation » par des scientifiques de l'Ircam sur des thématiques de recherche de l'institut.

En 2015, l'académie réunissait Ivan Fedele, Michael Jarrell, Michaël Levinas, Yan Maresz, Emilio Pomàrico, le chorégraphe Christian Rizzo et Scanner, Pierre-André Valade, Lucas Vis, ainsi que l'Ensemble intercontemporain, l'Orchestre Philharmonique de Radio France et l'ensemble de l'Internationale Modern Ensemble Akademie.



Ivan Fedele



Michael Jarrell

Quatre partenaires principaux ont participé à la mise en œuvre de l'académie: l'Ensemble intercontemporain, ensemble associé permanent, le CENTQUATRE-Paris, l'Orchestre Philharmonique de Radio France et Les Spectacles vivants-Centre Pompidou. Cette quatrième édition s'est appuyée par ailleurs sur les concours d'acteurs

importants du domaine de la culture et de la formation supérieure: le Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris, le Council on International Education Exchange (universités américaines) et ProQuartet – Centre européen de musique de chambre.

Quelques chiffres:

- 124 stagiaires sur 195 candidats;
- 8 ateliers et master classes;
- 6 concerts et sorties d'ateliers ouverts au public;
- 41 interprètes;
- 29 compositeurs;
- 16 étudiants issus des universités américaines (programme CIEE);
- 16 auditeurs libres;
- 15 étudiants en musique issus du Eastman Summer Course;
- 5 réalisateurs en informatique musicale;
- 1 chef d'orchestre;
- 1 ingénieure du son.

Les participants avaient pour les trois-quarts moins de 30 ans (35 % moins de 25 ans) et venaient de France (24 %), d'Europe (30 %), d'Amérique du Nord et Latine (32 %), d'Asie, du Moyen Orient et d'Afrique (14 %).

### ■ Les ateliers de composition

#### Atelier de composition pour ensemble dirigé

- du 15 au 27 juin 2015;
- sous la direction du chef d'orchestre Lucas Vis et des compositeurs Ivan Fedele et Michael Jarrell;
- six compositeurs retenus, six œuvres présentées au concert de sortie d'atelier.

L'Ensemble intercontemporain proposait un travail réalisé au plus proche des musiciens virtuoses de la formation sous la direction de Lucas Vis et une relation privilégiée pour la jeune création.

#### Atelier de composition pour instrument soliste et électronique

- du 15 au 27 juin 2015;
- encadré par les compositeurs Ivan Fedele et Michael Jarrell;
- quatre compositeurs retenus, quatre œuvres présentées au concert de sortie d'atelier.

Les solistes de l'Ensemble intercontemporain et l'Ircam proposaient aux compositeurs d'écrire une pièce solo et électronique. Outre l'exceptionnelle qualité artistique et pédagogique des solistes de l'Ensemble intercontemporain, les jeunes stagiaires ont bénéficié de l'expertise des réalisateurs en informatique musicale de l'Ircam pour finaliser avec eux la partie électronique de leur œuvre.

Atelier de composition pour orchestration et d'orchestration

- du 15 juin au 2 juillet 2015;
- encadré par les compositeurs Michaël Levinas et Yan Marez;
- avec l'Orchestre Philharmonique de Radio France sous la direction de Pierre-André Valade;
- avec l'Ensemble de l'Internationale Ensemble Modern Akademie et du Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris, sous la direction de Emilio Pomàrico;
- sept compositeurs retenus, onze esquisses présentées au concert de sortie d'atelier.

L'Ircam initiait un tout nouvel atelier autour de l'orchestration pour quatre jeunes compositeurs qui ont écrit une courte esquisse pour grand orchestre d'une part, et une orchestration pour ensemble avec ou sans électronique d'une étude du répertoire de leur choix (György Ligeti, Luciano Berio, Niccolò Castiglioni) d'autre part.

L'Ircam offrait également à trois autres jeunes compositeurs l'opportunité d'écrire une courte esquisse pour grand orchestre. Comme pour les quatre esquisses de l'atelier pour orchestre et d'orchestration, elles ont fait l'objet d'une lecture d'un demi-service chacune par l'Orchestre Philharmonique de Radio France.



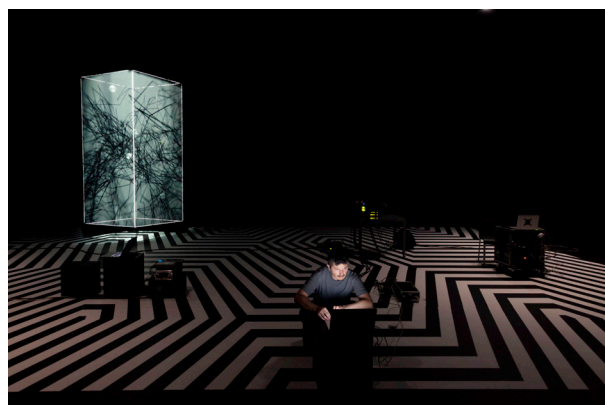
Yan Marez, Pierre-André Valade, Patrick Brennan

Atelier de composition In Vivo Electro

- du 15 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2015;
- sous la direction du chorégraphe Christian Rizzo, du plasticien sonore Scanner et de la créatrice lumière Caty Olive;
- quatre compositeurs retenus, quatre créations présentées au concert de sortie d'atelier.

Le chorégraphe et scénographe Christian Rizzo proposait de travailler étroitement avec son équipe sur un projet de dispositif scénique et sonore, autour d'un monolithe générateur d'images, de lumière et de musique, et d'interroger comment l'électronique, la lumière et la spatialisat

tion, peuvent s'articuler, se croiser ou entrer en résonance sur une même scène. Les participants ont travaillé l'environnement électronique à partir notamment des *Nocturnes* de Frédéric Chopin et Erik Satie.



Daniel Cabanzo

© Hervé Véronèse

■ **Les cours d'informatique musicale**

Cours d'informatique musicale 1

- pour des compositeurs sélectionnés sur appel à candidature;
- du 8 au 27 juin 2015;
- encadré par Mikhail Malt, réalisateur en informatique musicale chargé d'enseignement;
- huit compositeurs retenus.

Ce cours d'informatique musicale offrait aux participants un enseignement pratique et intensif pour approfondir leurs connaissances des outils informatiques destinés à la création musicale: programmation Max, analyse, synthèse et traitement du son en temps réel, interaction entre musicien et ordinateur, relation entre l'idée musicale et les technologies, séances d'analyse et d'écoute d'œuvres avec électronique des compositeurs invités de l'académie, composition assistée par ordinateur avec OpenMusic, et analyse et traitement sonore avec AudioSculpt.

Cours d'informatique musicale 2

- pour seize étudiants issus des universités américaines dans le cadre du partenariat CISPF-CIEE;
- du 15 au 27 juin 2015;
- encadré par les réalisateurs en informatique musicale chargés d'enseignement de l'Ircam.

Les jeunes étudiants se sont familiarisés avec le logiciel Max par une approche théorique et des ateliers pratiques. Une introduction aux logiciels AudioSculpt, Max4Live, le Spatialisateur, et à la librairie Catart a complété la formation. À l'issue du cours, les stagiaires ont présenté chacun une courte esquisse électronique en Studio 5.

©DR

### ■ Les master classes d'interprétation

#### Atelier de réalisation informatique musicale et session de quatuors à cordes

- du 15 au 29 juin 2015 ;
- en partenariat avec ProQuartet-Centre européen de musique de chambre ;
- encadré par Carlo Laurenzi, Grégoire Lorieux, réalisateurs en informatique musicale, Franck Chevalier, altiste, membre du Quatuor Diotima, et Josef Kluso, altiste, membre du Quatuor Pražak ;
- cinq réalisateurs en informatique musicale, deux quatuors à cordes.

Cet atelier était destiné à des compositeurs, ingénieurs du son ou réalisateurs en informatique musicale désireux de se perfectionner et d'enrichir leur pratique du répertoire pour quatuor à cordes avec électronique. Les pièces, *Tensio* de Philippe Manoury et *Spirali* de Marco Stroppa, ont été travaillées par deux jeunes quatuors à cordes stagiaires, Lutostawski Quartet et Quartetto Maurice, encadrés par Franck Chevalier dans le cadre de la master class d'interprétation pour quatuor à cordes. En parallèle, les jeunes quatuors à cordes ont étudié avec Josef Kluso, *Métamorphoses nocturnes, quatuor à cordes n°1* de György Ligeti et *Quatuor à cordes* de Witold Lutoslawski.

#### Master class d'interprétation pour ensemble dirigé et de musique de chambre

- du 15 juin au 2 juillet 2015 ;
- en partenariat avec l'Internationale Ensemble Modern Akademie ;
- encadré par Johannes Schwarz, Giorgios Panagiotidis (Ensemble Modern), Jens McManama (Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris), sous la direction d'Emilio Pomàrico ;
- Trente-trois musiciens, un jeune chef d'orchestre, une ingénieure du son.

Les jeunes musiciens de l'Internationale Ensemble Modern Akademie et du Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris se sont réunis le temps d'une master class sous la baguette du chef argentin Emilio Pomàrico pour travailler des pièces des compositeurs invités de l'académie. En outre, l'Internationale Ensemble Modern Akademie a eu l'opportunité de travailler avec les jeunes compositeurs de l'atelier de composition pour orchestre et d'orchestration, pour lesquels ils ont interprété les orchestrations des études de György Ligeti, Luciano Berio et Niccolò Castiglioni.

### ■ Les cours, conférences, analyses d'œuvres

#### Cours de composition, analyses d'œuvre et journée sur l'orchestration

Les compositeurs invités, Ivan Fedele, Michael Jarrell, Michaël Levinas, Yan Maresz, ont participé à la journée

consacrée à l'orchestration et ont proposé des cours magistraux de composition et des analyses de leurs œuvres (*La pierre et l'étang* d'Ivan Fedele, *Congruences* de Michael Jarrell et *La Métamorphose* de Michaël Levinas). Le plasticien sonore Scanner a ouvert d'autres horizons esthétiques à son auditoire en présentant son parcours et ses multiples collaborations.

#### Cours de technique instrumentale pour les compositeurs

Les musiciens de l'Ensemble intercontemporain ont proposé aux jeunes compositeurs des cours sur l'écriture de leur famille d'instruments : Emmanuelle Ophèle (flûte), Jens McManama (cor et sourdines), Jeanne-Marie Conquer (violin). Le chef Lucas Vis a complété ces interventions par une initiation à la direction.

#### Découverte de l'Ircam : visites et conférences « Innovation »

Afin de découvrir les multiples activités de l'Ircam, l'académie proposait une conférence introductive aux recherches et logiciels développés dans l'institut (animée par Hugues Vinet, Arshia Cont et Frédéric Rousseau), des visites de la chambre anéchoïque et des conférences « innovation » mises en place pour la première fois sur les travaux réalisés à l'Ircam :

- le suivi de partition et Antescofo par Grégoire Lorieux ;
- les SmartInstruments par Adrien Mamou-Mani ;
- la spatialisation par Olivier Warusfel, avec démonstration in situ en studio par Markus Noisternig ;
- le papier augmenté pour la CAO par Jean Bresson & Jérémie Garcia.

## LA SAISON

La saison parisienne s'est déroulée du 16 janvier au 31 décembre 2015 : sept concerts et un opéra, soit neuf représentations, 6 537 spectateurs (un taux de remplissage de 89 %), et a été marquée par la fermeture de la salle de concert de l'Ircam, l'Espace de projection, pour cause de travaux de désamiantage, et par de nombreuses productions hors les murs, induisant de nombreux partenariats.

### ■ Principaux partenaires

- le Théâtre des Champs-Élysées, pour la création de l'opéra *Solaris* de Dai Fujikura et Saburo Teshigawara, commande du Théâtre des Champs-Élysées, de l'Opéra de Lille, de l'Opéra de Lausanne, de l'Ensemble intercontemporain et de l'Ircam ;
- la Maison de la Radio, pour le festival Présences, autour de la création, *Spinning in Infinity*, du Christopher Trapani ;
- la Maison de la Musique de Nanterre, avec la création *The Waves* de Florence Baschet sur le texte éponyme de Virginia Woolf ;

- la Philharmonie de Paris, notamment pour l'anniversaire de Pierre Boulez (...*explosante-fixe*...) et la création française de *Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie* d'Olga Neuwirth, commande de la SWR, de l'Ensemble intercontemporain, de l'Ircam, de Wien Modern et du Lucerne Festival ;
- la Gaîté lyrique, avec la création de l'installation interactive *Terminal*, de Chloé (KTDJ) avec le collectif Scale en collaboration avec l'équipe Interaction son musique mouvement de l'Ircam, et le concert Ircam live avec les artistes de la scène électronique : Assimilation process, Marco Donnarumma, Alex Augier et Holly Herndon ;
- le Centre Pompidou, qui a accueilli le concert du cursus de composition et d'informatique musicale 1 ;
- l'opéra de Paris/Garnier, qui a rendu hommage à Pierre Boulez : *Alea Sands*, création du chorégraphe Wayne McGregor sur *Anthèmes 2* de Pierre Boulez, en complément de *Polyphonia* du chorégraphe Christopher Wheeldon sur les *Pièces pour piano* de György Ligeti et du *Sacre du printemps* d'Igor Stravinsky sur une chorégraphie de Pina Bausch.

© Bengt Wanselius



Solaris

### ■ Nombreuses créations

Au total, onze créations des compositeurs du Cursus 1, douze créations mondiales et une création française : Francisco Alvarado (Chili), Benjamin Attahir (France), Florence Baschet (France), Preston Beebe (États-Unis), Jonathan Bell (France), Esteban Benzecry (France-Argentine), Daniel Cabanzo (Colombie), Remmy Canedo (Chili), Chloé (KTDJ) (France), Caspar de Gelmini (Italie), Henry Fourès (France), Dai Fujikura (Japon), Osvaldo Golijov (Argentine), Mayu Hirano (Japon), Frédéric Le Bel (Canada), Michaël Levinas (France), Aurélien Marion-Gallois (France), Olga Neuwirth (Autriche), Emanuele Palumbo (Italie), Dionysios Papanicolaou (Grèce), Alessandro Ratoci (Italie), Christopher Trapani (États-Unis), Naoki Sakata (Japon).

## LES TOURNÉES

Parallèlement à cette dynamique à Paris, les tournées nationales et internationales des productions de l'Ircam, en nette expansion en 2015, ont assuré la dissémination

d'un répertoire constitué. Trente-cinq œuvres ont été interprétées en France, en Europe et en Amérique Latine.

### ■ Principaux lieux et festivals

- l'Ircam et le Théâtre d'Orléans se sont associés pour présenter trois jours de l'Inouï : trois jours de création musicale les 13, 14, 15 mars 2015 avec des créations de Rune Glerup, *Clarinet Quintet (Still leaning toward this Machine)* et Stefano Gervasoni, *Fado Erratico*. Également création de *Dawnlight / Night:Light* de Jérôme Combier et Alban Richard les 12 et 13 mai ;
- le festival Musica de Strasbourg a accueilli une nouvelle version d'*Inferno* de Yann Robin, le film *J'accuse* d'Abel Gance sur une musique de Philippe Schöeller, la nouvelle version de *La Métamorphose* de Michaël Levinas, la création de *Dels Dos Principis* d'Henry Fourès, la création des deux pièces de Cursus 2, *Singularité* de Mayu Hirano et Karukinka de Francisco Alvarado, ainsi que *Apophenia* d'Andrea Mancianti, en partenariat avec le Théâtre national de Strasbourg ;
- la Biennale de Venise a décerné le Lion d'Or à Georges Aperghis pour l'ensemble de sa carrière et présenté *Machinations*. Lara Morciano y a créée *Estremo d'Ombra*, pour cinq solistes et électronique, commande de la Biennale de Venise et de l'Ircam ;
- le festival Archipel de Genève a présenté la création *Trencadis* de Marc Garcia Vitoria, commande du festival, de l'Ircam et de l'ensemble Contrechamps, et *Congruences* de Michael Jarrell ;
- le Festtage de Berlin a programmé *Anthèmes 2* de Pierre Boulez et *HIDDEN* de Chaya Czernowin ;
- le Festival MEN à Wrocław a repris *Tensio* de Philippe Manoury ;
- le Festival de Donaueschingen a créé *Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie* d'Olga Neuwirth ;
- le Holland Festival et le festival de Salzbourg ont présenté *Répons* de Pierre Boulez.

### ■ Tournées de productions scéniques et installations sonores

- Benjamin Dupé : *Il se trouve que les oreilles n'ont pas de paupières* à Gap, Marseille, Gradignan, Montreuil ;
- Luca Francesconi : *Quartett* à Malmö et Buenos Aires ;
- Dai Fujikura / Saburo Teshigawara : *Solaris* à Lille et Lausanne ;
- Daniele Ghisi : *An Experiment With Time*, à Florence, Klaipėda (Lituanie), Milan ;
- Tania Mouraud : *AD NAUSEAM* au Centre Pompidou-Metz ;
- Sébastien Rivas : *Aliados* à Caen, Nancy, Nîmes ;
- Frédéric Verrières/Guillaume Vincent : *Mimi, Scènes de la vie de bohème* à Zagreb, Reims, Arras, Le Blanc-Mesnil, Tarbes, Compiègne, Meaux, Aix-en-Provence ;
- François Verret : *Rhapsodie démente* à Grenoble, Strasbourg, Rennes, Reims, Amiens, Cergy-Pontoise.

# LA PÉDAGOGIE AFFIRMÉE

## PÔLE UNIVERSITAIRE

### ■ Le master Atiam

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 Télécom ParisTech. Elle est conçue pour délivrer les connaissances 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, 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 ([www.atiam.ircam.fr](http://www.atiam.ircam.fr)).

#### Le master Atiam en quelques chiffres

- recrutement 2014: 40 candidats, 2 jurys composés de 4 à 5 enseignants représentant les différentes disciplines;
- promotion 2014-2015: 22 étudiants (établissement d'origine: UPMC, Télécom ParisTech, École Polytechnique, ENS Cachan, University of California / Berkeley...);
- 18 enseignants, dont 5 responsables d'UE. Coordination: Moreno Andreatta et Cyrielle Fiolet;
- face à face pédagogique: 350 h/étudiant;
- partenaires: Ircam, UPMC et Télécom ParisTech.

#### Promotion 2014-2015

	Prénom	NOM
1	Martin	AVERSENG
2	Damien	BOUVIER
3	Axel	CHEMLA-ROMEU-SANTOS
4	Léopold	CRESTEL
5	Ken	DEGUERNEL
6	Léna	DELVAL
7	Anne-Sophie	DUBOST
8	Xavier	FAVORY
9	Quentin	FRESNEL
10	Stacy	HSUEH
11	Madeleine	LE BOUTEILLER
12	Mathilde	LE GAL DE KERANGAL
13	Jules	MOREAU DE BALASY
14	Montserrat	PAMIES VILA
15	Lauréline	PEROTIN
16	Aro	RAMAMONJY
17	Stéphane	RIVAUD
18	Jimena	ROYO-LETELIER
19	Hugo	SCURTO
20	Adèle	SIMON
21	Maxime	SIRBU
22	Adrien	YCART



© Deborah Lopatin

### Organisation Pédagogique

La promotion 2014-2015 a été la première à suivre les enseignements de la maquette 2014-2018 du master. Les nouveaux enseignements sont présentés dans des vidéos de l'équipe pédagogique sur le site d'Atiam (<http://www.atiam.ircam.fr/videos>).

Parmi les nouvelles unités d'enseignement, l'UE «Projets et applications musicales» a pour objectif central d'amener les étudiants à intégrer des compétences issues de plusieurs champs scientifiques (acoustique, du traitement du signal et de l'informatique) pour une étude appliquée à la musique. Basée sur une pédagogie par projet, elle contribue à l'apprentissage du travail en groupe en forte autonomie, invitant les étudiants à explorer des domaines qui leur sont moins familiers. Cette expérience permet aux étudiants de s'immerger dans un premier travail de recherche avant leur départ en stage.

Dans le cadre de l'UE «Insertion professionnelle», les étudiants se sont rendus à Marseille pour visiter le Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique. Au delà de la découverte du laboratoire et d'opportunités de stage, ce voyage, financé par l'Ircam et le LMA, est un moment de partage fort pour la promotion.

La coordination continue de mettre en place chaque année des cours communs avec le Coursus de composition de l'Ircam pour provoquer rencontres et échanges entre scientifiques et compositeurs. Cette année, les 2 promotions ont pu profiter d'interventions de Jean-Claude Risset et de Julio Estrada.

#### Semestre 3: septembre à janvier

Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Fondamentaux pour Atiam	5AA11	Moreno Andreatta (Ircam, CNRS)
Acoustique musicale	5AA12	Benoît Fabre (LAM, UPMC)
Traitement du signal musical	5AA13	Bertrand David (Télécom ParisTech)
Informatique musicale	5I457	Carlos Agon (Ircam, UPMC)
Projets et applications musicales	5I458	Benoît Fabre (LAM, UPMC)

#### Semestre 4

Intitulé de l'enseignement	Code UE	Responsable
Insertion professionnelle	5I011	Isabelle Viaud-Delmon (Ircam, CNRS)
Anglais		

Stage (5 à 6 mois à partir de février)		
--	--	--

### Résultats

Sur les 22 étudiants de la promotion 2014-2015, 100 % ont obtenu leur diplôme à l'issue de la formation. Certains d'entre eux poursuivent actuellement leur parcours en thèse. On note de bons résultats auprès de l'EDITE, qui a accordé des contrats doctoraux à plusieurs étudiants de la promotion. D'autres ont été embauchés ou ont choisi de suivre un master complémentaire.

### Internationalisation du master

La mise en place progressive de nouvelles collaborations institutionnelles internationales vise à positionner Atiam en tant que formation d'excellence au niveau international dans le domaine des applications de l'acoustique, du traitement du signal et de l'informatique appliquée à la musique. Le bassin de recrutement des candidats a été élargi. Atiam a ainsi accueilli en 2014-2015 des étudiants de nationalité américaine, espagnole et chilienne.

### Réseaux des anciens étudiants Atiam

L'annuaire Atiam, répertoire de toutes les promotions d'étudiants depuis la création de la formation en 1993, mis en ligne en septembre 2011, compte plus de cent profils actifs sur le site Internet et est mis à jour régulièrement. La coordination continue à rassembler des données actualisées sur la situation des plus de 350 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 ([annuaire-atiam.ircam.fr](http://annuaire-atiam.ircam.fr)).

Atiam est également présent sur facebook ([www.facebook.com/MasterATIAM](http://www.facebook.com/MasterATIAM)) et depuis 2007 sur le réseau professionnel LinkedIn. Le groupe «master Aiam Alumni» compte plus de 140 anciens étudiants. Il permet aux membres de la communauté Atiam d'échanger des offres d'emploi et de valoriser leurs projets. Pour la coordination, il s'agit d'un outil supplémentaire qui permet de créer des ponts entre les différentes promotions.

Le site Atiam propose enfin une rubrique dans laquelle sont rassemblés des témoignages d'anciens étudiants afin de permettre aux candidats de se faire une idée plus précise des débouchés à la fin du master ([www.atiam.ircam.fr/temoignages](http://www.atiam.ircam.fr/temoignages)).

### ■ Master Design sonore

Conçu par une école d'art (École supérieure des Beaux-arts TALM site Le Mans), une université (LAUM), une grande école de design (ENSCI-Les Ateliers) et un institut de recherche en pointe sur la question du design sonore (Ircam), le master Design sonore est une formation diplômante en deux ans couvrant les domaines variés de



connaissances scientifiques, méthodologiques et culturelles nécessaires à l'exercice du métier.

L'intégration à cette nouvelle filière en design sonore se fait sur concours, à l'entrée de la 4<sup>ème</sup> année de l'École supérieure des Beaux-Arts TALM site Le Mans 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.

#### Chiffres clés

- en moyenne 12 étudiants;
- 4 semestres de cours et de stages;
- 1 workshop applicatif de 2 semaines;

Partenaires: Ircam, École supérieure des Beaux-arts TALM site Le Mans, ENSCI-Les Ateliers, LAUM.

#### Promotion 2015-2016

Master 2:

Thomas BERNARD, Pierre-Marie BLIND, Arthur CHAMBRY, Tanguy CLERC, Thibault HENRY, Remi HERTRICH, Kore PREAUD et Leo URRILABEITIA.

À l'issue de l'appel à concours lancé au début de l'année, 8 étudiants ont été sélectionnés parmi 23 candidats pour suivre le master 1: Simon AUBERT, Thomas BECKA, Janick DENEUX, Raphaëlle DUQUESNOY, Juliette HEATH, Romain LOISEAU, Théo RADAKOVITCH et Tristan SOREAU.



© Olivier Houix

#### Workshop applicatif

Chaque année, l'Ircam, l'ESBA TALM Le Mans et l'ENSCI-Les Ateliers organisent un «workshop applicatif» à destination des étudiants de master 1 et 2 en design sonore et d'étudiants de l'ENSCI. L'objectif pédagogique de ce workshop est de confronter les étudiants à une véritable mise en situation professionnelle: pendant 2 semaines, ils travaillent sur un projet de création en design sonore complet, commandé par un partenaire industriel.

Dates du workshop 2015: du 28 septembre au 9 octobre 2015

Partenaire 2015: SNCF

Coordination 2015: ENSCI-Les Ateliers

Coordination administrative: Diane Debuissier (ESBA TALM), Cyrielle Fiolet (Ircam), Quentin Lesur (ENSCI)

Encadrement pédagogique: Roland Cahen (ENSCI), Ludovic Germain (ESBA TALM), Olivier Houix (ESBA TALM/Ircam), Marco Liuni (Ircam), Laurent Massaloux (ENSCI), Nicolas Misdariis, Patrick Susini (Ircam)

Les étudiants de l'École supérieure des Beaux-arts TALM site Le Mans et de l'ENSCI-Les Ateliers se sont associés pour travailler sur l'identité sonore de la SNCF sur le parcours porte à porte d'un voyageur.



© Olivier Houix

- le 28 septembre: le matin, les étudiants ont pu visiter un grande gare parisienne. L'après-midi à l'ENSCI, le partenaire a présenté ses attentes concernant le workshop;
- du 29 septembre au 8 octobre, à l'Ircam et à l'ENSCI: répartis en plusieurs groupes travaillant chacun sur une thématique différente, les étudiants ont pu bénéficier des savoir-faire techniques et artistiques de l'équipe d'encadrement pour mettre en œuvre leurs idées;
- le 2 octobre, à l'Ircam: les étudiants ont présenté les 1<sup>ers</sup> résultats de leurs réflexions au partenaire. Le dialogue entre celui-ci et les groupes de travail a permis de recadrer certains projets et d'ouvrir de nouvelles pistes;

- le 9 octobre, dans les locaux de la Direction Recherche et Innovation de la SCNF: les différents projets ont fait l'objet d'une présentation devant les partenaires, qui ont fait un retour très positif sur ce rendu. Comme chaque année, ils ont souligné la qualité des résultats issus d'un travail intensif mené sur une durée très courte.

Les projets des précédents workshops et les travaux de fin d'étude des élèves ont été présentés lors de la journée portes-ouvertes 2015.

#### Programme 2015-2016

Nicolas Misdariis et Patrick Susini interviennent en master 1 dans le cadre du cours «Perception et cognition de l'objet sonore».

#### Intervention Licence

Comme chaque année en janvier, l'équipe a organisé une série de cours à destination des élèves de Licence.

#### *Licence 1*

- 27 janvier 2015: «Applications en design sonore – Étude de cas particuliers» (N. Misdariis, Ircam) et «Du design au design sonore: champs d'application» (P. Susini, Ircam).

#### *Licence 2*

- 22 janvier 2015: «Introduction des journées et introduction au design sonore» (P. Susini, Ircam), «Retour sur l'expérience automobile du design sonore» (L. Bosc, PSA), «Analyse et évaluation dans un processus de design sonore» (P. Susini, Ircam);
- 23 janvier 2015: «Étude de cas en Design Sonore» (N. Misdariis, Ircam), «Paysages sonores et interactivité» (C. Le Prado, chercheuse/compositrice).

#### ■ **New York University**

NYU propose un «Music Technology Program» qui prépare les étudiants à des carrières dans le mastering audio, la production et la post-production audio-visuelles, le multimédia, l'ingénierie sonore, la composition pour film et multimédia et enfin le développement de logiciels.

NYU a souhaité étendre cette formation en y incluant l'apprentissage des technologies développées à l'Ircam. Ainsi, depuis janvier 2015, une dizaine d'étudiants du «Music Technology Program» de NYU Paris, son antenne française, suivent des cours sur l'analyse/synthèse temps réel, la composition assistée par ordinateur en temps réel et la spatialisation, ainsi que des cours sur des œuvres du répertoire Ircam.

Bénéficiant d'un accès privilégié à l'Ircam, ils ont la possibilité d'assister aux séminaires, conférences et concerts. Au printemps 2015, les étudiants ont ainsi pu assister aux répétitions du concert Cursus ainsi qu'au concert final. À l'automne, ils ont assisté au concert *Le Encatadas o le*

*avventure nel mare delle meraviglie* (Olga Neuwirth) à la Cité de la musique et le concert *Ircam Live* à la Gaité lyrique. Ils avaient également accès aux activités des Ateliers du Forum.

Des discussions sont actuellement en cours afin d'élargir la collaboration au niveau master et ainsi ouvrir une passerelle vers des projets de recherche à l'Ircam.

#### ■ **Doctorat**

En 2013, l'Ircam, en collaboration avec l'université Paris-Sorbonne et l'université Pierre et Marie Curie, a élaboré le «Doctorat de musique: recherche en composition». Cette initiative, une des premières en Europe, vise à proposer une filière doctorante pour les compositeurs leur permettant de s'inscrire dans une véritable démarche de recherche musicale. Distinct du doctorat de musicologie, ce doctorat s'adresse à des compositeurs de haut-niveau proposant notamment des projets intégrant une dimension technologique dans le travail de composition.

En 2015, le jury, composé de représentants de l'Ircam, de Paris-Sorbonne et de l'UPMC a pré-sélectionné 3 candidats:

- Karim Haddad s'est inscrit à l'ED Concepts et Langages à la rentrée 2015, avec financement propre;
- José Miguel Fernandez est en recherche de financement auprès du gouvernement chilien;
- Michelle Agnes Magalhaes s'est finalement tournée vers un contrat en postdoc à l'Ircam.

## OFFRES PROFESSIONNELLES

#### ■ **Cursus**

Le Cursus de composition et d'informatique musicale s'articule en deux volets: Cursus 1 (1<sup>ère</sup> année) et 2 (2<sup>ème</sup> année). Une dizaine de jeunes compositeurs sont sélectionnés par un comité de lecture établi par l'Ircam pour suivre la 1<sup>ère</sup> année de formation (Cursus 1). Intensive et à temps plein, cette formation propose un panorama complet du poste de travail du compositeur utilisant l'informatique et les nouvelles technologies. Un séminaire régulier, confié au compositeur Hèctor Parra, des rencontres avec les équipes scientifiques de l'Ircam et des compositeurs invités, articulent ces différents éléments dans une perspective de composition. La formation se conclut par un concert dans la Grande salle du Centre Pompidou où sont présentées les créations de la promotion du Cursus 1: de courtes pièces pour instrument soliste et électronique interprétées par des instrumentistes du Cnsm dp issus des classes de master ou du DAI contemporain.

Le concert Cursus 1 de la promotion 2014-2015 a eu lieu le jeudi 2 avril à 19h et a rassemblé près de 400 personnes.

Le partenariat établi avec le Cnsm dp n'offre pas uniquement la possibilité à de jeunes instrumentistes de se former au répertoire de la musique mixte en participant au

concert Cursus 1. Il permet également aux élèves, après accord de l'équipe pédagogique et sélection par le comité de lecture de l'Ircam, de suivre une partie du diplôme de 2<sup>ème</sup> cycle supérieur de composition au sein de l'année de formation « Cursus 1 » et de valider leurs acquis auprès du Conservatoire. Le même accord a été conclu avec la Haute école de musique de Genève.

En 2015, les deux pièces pour saxophone et électronique de Naoki Sakata et Preston Beebe ont été reprises dans le cadre du Congrès mondial du saxophone à Strasbourg le samedi 11 juillet. La salle du Conservatoire de musique de Strasbourg où ont été présentées les pièces était comble (environ 60 personnes).

À l'issue du Cursus 1, entre trois et cinq compositeurs sont admis en 2<sup>ème</sup> année (Cursus 2) pour mettre en œuvre un projet musical avec dispositif électronique. Conçu dans un esprit d'expérimentation, le projet est susceptible de faire appel à d'autres domaines (danse, image, théâtre...) grâce aux partenariats que le département a mis en place avec des écoles supérieures. En 2015, une nouvelle collaboration a été établie avec le Théâtre national de Strasbourg et le Conservatoire de Strasbourg. Deux compositeurs ont travaillé avec les élèves du TNS et des instrumentistes du Conservatoire pour monter deux projets encadrés par les équipes pédagogiques de l'Ircam, du TNS et Armand Angster. Ces collaborations ont abouti à la création de deux projets : un de théâtre musical (Francisco Alvarado) et l'autre pour quatuor à cordes, accordéon et vidéo (Mayu Hirano). Les créations ont été présentées dans le festival Musica les 2 et 3 octobre.

Le Cursus 2 est ainsi pleinement pensé comme une année de spécialisation et de professionnalisation : un tremplin pour la jeune création contemporaine.

En marge du Cursus, une collaboration a été rendue possible avec le soutien du département Pédagogie entre Clio Simon (élève au Fresnoy pour son projet de 2<sup>ème</sup> année), et Javier Elipe (élève du Cursus 1 en 2012-2013). Le compositeur a réalisé la bande musicale de *Diable, écoute* qui a été présentée dans l'exposition Panorama au Fresnoy de septembre à décembre 2015 ainsi qu'à l'Ircam le 5 octobre 2015.

Équipe pédagogique :

- 5 réalisateurs en informatique musicale chargés de l'enseignement : Éric Daubresse, Marco Liuni, Jean Lochard, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt ;
- compositeur associé : Hèctor Parra ;
- coordination pédagogique : Murielle Ducas.

Promotion Cursus 1 : 2014-2015

(1<sup>er</sup> septembre 2014-27 avril 2015)

Compositeur	Création Cursus
Preston Beebe (États-Unis)	<i>intakes</i> , pour saxophone et électronique. Interprète : Raquel Paños Castillo
Jonathan Bell (France)	<i>Archipel</i> , pour harpe et électronique. Interprète : Éloïse Labaume
Daniel Cabanzo (Colombie)	(Marginal situations) <i>Hidden lines in Electrical dimensions</i> , pour accordéon et électronique. Interprète : Jean-Étienne Sotty
Remmy Canedo (Chili)	<i>Multiverse</i> , pour clarinette basse et électronique. Interprète : Hugo Clédât
Caspar de Gelmini (Allemagne)	<i>Leipzig Noir 1914</i> , pour flûte et électronique. Interprète : Rafal Zolkos
Frédéric Le Bel (Canada)	<i>25:17</i> , pour violoncelle et électronique. Interprète : Cameron Crozman
Aurélien Marion-Gallois (France)	<i>éi12s</i> , pour alto et électronique. Interprète : Vladimir Percevic
Emanuele Palumbo (Italie)	<i>Corps-sans-Organes</i> , pour clarinette basse et électronique. Interprète : Joséphine Besançon
Dionysios Papanicolaou (Grèce)	<i>molts</i> d'elle, pour alto et électronique. Interprète : Kei Tojo
Alessandro Ratoci (France)	<i>Rima Flow</i> , pour tuba et électronique. Interprète : Jean-Baptiste Renaud
Naoki sakata (Japon)	<i>Phytolith I</i> pour saxophone et électronique. Interprète : Nicolas Arsenijevic

Chiffres clés :

- Une promotion à effectif stable : 11 compositeurs



- accueillis (10 en 2013-2014, 14 en 2012-2013);
- 545 heures de formation par stagiaire, dont 316 heures d'ateliers «hands on», 112 heures dédiées aux projets individuels, 12 heures de rencontres avec les équipes scientifiques, 75 heures de rendez-vous individuels;
- 1 workshop improvisation et électronique animé par Agustí Fernandez, Joel Ryan, Frances-Marie Uitti et Hèctor Parra;
- 1 cours croisé Coursus 1/master Atiam: Jean-Claude Risset.

Compositeurs invités: Trevor Wishart, Chaya Czernowin, Yan Maresz, Brian Ferneyhough.

#### Promotion Coursus 1 : 2015-2016

(7 septembre 2015-22 avril 2016)

- Ariadna Alsina Tarrés (Espagne)
- Huihui Cheng (Chine)
- Sina Fallahzadeh (Iran)
- Torsten Herrmann (Allemagne)
- Kevin Juillerat (Suisse)
- Giulia Lorusso (Italie)
- Juan de Dios Magdaleno (Mexique)
- Fernando Munizaga (Chili)
- Didier Rotella (France)
- Loïc Sylvestre (France)

#### Promotion Coursus 2 – 2014-2015

Francisco Alvarado (Chili): *Karukinka* (2015)

- pour flûte, alto, percussions, mezzo-soprano et électronique;
- interprètes: Ludmila Schwartzwalder mezzo-soprano, Samuel Casale flûte, Marion Abeilhou alto et Cédric Dupuy percussions;
- ce projet a été réalisé en collaboration avec les élèves du groupe 42 de l'École du TNS (Théâtre national de Strasbourg): Mathilde Delahaye (mise en scène), Pierre Chevallier (dramaturgie), Heidi Folliet et Oria Steenkiste (scénographie-costumes), Laurence Magnée (lumière), Heidi Folliet (régie générale);
- encadrement pédagogique Ircam: Mikhail Malt;
- création dans le cadre du festival Musica les 2 et 3 octobre 2015 au TNS, salle Koltès.

Carlos De Castellarnau Artero (Espagne): *Antropofauna* (Hommage à M. Millares)



© Jean-Louis Fernandez

- pour flûte piccolo, clarinette basse, basson, saxophone soprano, percussion, piano, violon, alto, violoncelle, contrebasse et électronique;
- interprètes: ensemble Court-circuit;
- encadrement pédagogique Ircam: Éric Daubresse;
- création le samedi 20 juin 2015 dans la Grande salle du Centre Pompidou dans le cadre du festival ManiFeste-2015.

Mayu Hirano (Japon): *Singularité*

- pour accordéon, quatuor à cordes, électronique et vidéo;
- interprètes: Robin Soudière, Charlotte Van Audenhaege (violons), Valentin Chiapello (alto), Solène Queyras (violoncelle), Zoé Cahen-Schade (accordéon);
- création vidéo: Renaud Rubiano;
- encadrement pédagogique Ircam: Jean Lochard, Grégoire Lorieux;
- création dans le cadre du festival Musica les 2 et 3 octobre 2015 au TNS, salle Koltès.

#### *Chiffres clés:*



© Jean-Louis Fernandez

- 3 compositeurs accueillis en 2014-2015 (5 en 2013-2014, 5 en 2012/2013);
- 720 heures de formation, enseignement d'octobre à décembre et accompagnement individualisé par un RimCe pendant toute la durée du projet;
- depuis la mise en place du Coursus 2 en 2007, 41 projets ont vu le jour.

#### Promotion Coursus 2 - 2015-2016

- Jonathan Bell (France): Accompagnement des équipes pédagogique et scientifique de l'Ircam sur son projet pour ensemble vocal et chœur, sans production Ircam.
- Remy Canedo (Chili): Projet pour quatuor à cordes et électronique. Avec la collaboration d'Adrien Mamou-Mani (équipe Acoustique instrumentale), projet SmartInstruments.
- Frédéric Le Bel (Canada): Projet de recherche artistique, pas de production Ircam.

- Emanuele Palumbo (Italie):  
Pièce pour petit ensemble (ensemble Linea) et électronique. Forte implication de l'équipe Perception et design sonores/projet Cream pour la mise au point d'un dispositif de captation physiologique

### ■ Formation professionnelle

EN 2015, le département Pédagogie a proposé 18 formations professionnelles (11 sur la saison 14-15 et 7 sur la saison 15-16) d'une durée variant de 12 à 36 heures et pour tous les niveaux, sur les thématiques suivantes : interaction temps réel (Max, Antescofo, Max for Live, Jitter), traitement du son (AudioSculpt, Modalys) et composition musicale assistée par ordinateur. Deux stages, sur le design sonore, le son des objets et improvisation avec OMax, organisés en collaboration avec les équipes de recherche de l'Ircam, et combinant à la fois une approche théorique et des sessions plus pratiques ont rencontré un vif succès.

Suite à la réforme de la formation professionnelle (abandon du DIF remplacé par le Compte personnel de formation) on

constate un infléchissement des inscriptions à la rentrée de septembre 2015.

#### Chiffres clés :

- 18 formations professionnelles (22 en 2014) ;
- 330 heures de formation (324 heures en 2014, 378 heures en 2013) ;
- 93 stagiaires (18 salariés, 28 demandeurs d'emplois/intermittents du spectacle, 38 individuels, 8 gratuits, 1 autre profil) ;
- 4 stages annulés faute d'un nombre suffisant de participants ;
- la part de prise en charge des formations dans le cadre du plan de formation ou du DIF (49 %) est légèrement supérieure à la proportion des inscriptions individuelles/membres du Forum (41 %).

### ■ Formation à la carte

Le département Pédagogie construit des formations pour

Saison 14/15	Damontes	Durée	Participants	Formateurs
Audiosculpt avancé	9-10 janv	12h	4	J. Lochard
Improvisation assistée par ordinateur avec Omax	16-17 janv	12h	10	M. Malt, B. levy, G. Assayag, G. Bloch
Cao dans Max avec la librairie bach	30-31 janv	12h	4	D. Ghisi
Max initiation	2-7 fév	36h	11	E. Daubresse, M. Malt, E. Jourdan
Max interactions	13-14 fév	12h	8	M. Poletti
Antescofo	6-7 mars	12h	6	G. Lorieux
Design sonore interactif - le son des objets	10-13 mars	24h	10	J. Lochard, N. Misdariis
Max initiation en anglais	23-28 mars	36h	10	B. Thigpen
Jitter	13-18 avril	36h	9	B. Martin, Y. Philippe
OpenMusic expert (annulé)	28-30 mai	18h		
Max4live/Livers	25-30 mai	36h	7	M. Poletti

Saison 15/16	Dates	Durée	Participants	Formateurs
Max initiation (annulé)	28 sept-3 oct	36h		
OpenMusic initiation	16-17 oct	12h	5	M. Malt
Audiosculpt initiation	30-31 oct	12h	4	M. Liuni
Initiation à l'informatique musicale (annulé)	6-7 nov	12h		
Max traitements (annulé)	20-21 nov	12h		
Modalys initiation	3-4 déc	12h	1	L. Pagliei
OpenMusic perfectionnement	11-12 déc	12h	4	M. Malt

des publics divers, salariés d'entreprises, étudiants, en fonction des demandes reçues.

Trois formations de ce type ont été organisées en 2015 :

- Pour les élèves de 3<sup>ème</sup> année du département son de la Femis (4 personnes).

Un module avancé sur le logiciel Max et sur le spatialisateur a été organisé les 28, 29 avril et 5 et 6 mai 2015 (24 heures de formation).

- Pour des étudiants issus de grandes universités américaines (Oberlin College, Seattle University, Indiana University...).

Du 8 juin au 3 juillet 2015, 16 étudiants américains ont suivi un stage d'été intensif dédié aux nouvelles technologies appliquées à la composition musicale, animé par Samuel Tarakajan. Ils ont ainsi acquis un aperçu complet sur les logiciels Max, Spat, Audiosculpt, Max4live. Au cours de la formation, les élèves ont eu la possibilité de travailler sur un projet personnel dont le rendu final (petite performance, esquisse musicale...) a été présenté en Studio 5 le 3 juillet. En complément des enseignements reçus sur les logiciels d'informatique musicale, les stagiaires ont suivi des cours d'analyse musicale (intervenant : Peter Szendy) sur certaines œuvres au programme du festival ManiFeste et ont eu accès en tant qu'auditeurs libres à l'ensemble des activités de l'académie. Cet atelier est coordonné par l'association américaine CIEE (Council on International Educational Exchange).

- Pour les partenaires du projet Bili, projet de recherche impliquant l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs de l'Ircam.

Des salariés de France Télévisions, du Cnsm, d'Arkamys et de Radio France ont suivi une formation décomposée en deux volets : un module sur les généralités du logiciel Max (12h) suivie d'un autre sur le Spat (12h). Mikhail Malt, RimCe, Olivier Warusfel et Thibaut Carpentier, chercheurs au sein de l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs ont assuré cette formation qui s'est déroulée sur 4 jours (23, 24 novembre, 17 et 18 décembre).

## SENSIBILISATION DU PUBLIC

### ■ Parcours d'éducation artistique et culturelle (PEAC)

Les objectifs et la structure des actions culturelles à la PAC sont organisés en trois axes.

- Appréhender et comprendre les méthodes de la création contemporaine.

Il s'agit de s'adresser à des publics éloignés du monde de la culture en général et de la musique en particulier. L'objectif est de sensibiliser ces publics aux méthodes et approches de la création musicale contemporaine à travers différents types de propositions.

- S'approprier la saison artistique.

Les publics visés sont, d'une part, nos abonnés de la saison musicale, mais plus généralement les publics, mélomanes ou pas, que l'on souhaite attirer vers la création musicale contemporaine. L'objectif est d'aller plus loin que les actions d'explication habituelles (notes de programme, conférences pré-concerts, etc.) vers une proposition des visites, parcours, ateliers, séminaires etc. conçus et organisés autour de quelques événements choisis dans la saison musicale.

Quelques exemples d'actions de ce type menées jusqu'ici : autour de l'opéra *Aliados* de Sebastian Rivas, autour de l'exposition Tania Mouraud au Mac/Val (visites inventées, intervention « métier » ingénieur du son, ou « L'œil écoute » avec le rectorat de Paris).

- Découvrir la culture de l'Ircam.

Pour les personnes qui ont comme vocation de devenir des « managers culturels » ou qui souhaitent mieux comprendre le fonctionnement des institutions culturelles. L'objectif est de proposer des conférences, séminaires et projets de collaboration afin de découvrir le modèle spécifique de l'Ircam (l'innovation dans un cadre arts/sciences). Actions de ce type menées jusqu'ici : projets Collectifs Sciences Po, conférences pour l'ICART (Claude Samuel).

### Actions de médiation au Mac/Val

Visite inventée autour de *Ad Nauseam* de Tania Mouraud. Grégoire Lorieux, réalisateur en informatique musicale chargé d'enseignement à l'Ircam, a mené au Mac/Val le 25 janvier 2015 deux « visites inventées » de l'installation *Ad Nauseam* de Tania Mouraud, dont le design sonore a été réalisé à l'Ircam par Thomas Goepfer. Les visites inventées sont des actions de médiation organisée par le Mac/Val pour le grand public, où un artiste non-spécialiste des arts plastiques présente une œuvre du musée.

### Paysages Composés

Réalisation par les 20 étudiants de 11 séquences présentées pendant les journées portes-ouvertes du lycée le 11 février 2015, pour la nuit des musées au Mac/Val le samedi 16 mai 2015, pendant les journées portes ouvertes de l'Ircam le 6 juin, et à l'occasion du concert *Paysages Composés* du festival d'Île-de-France, avec Ars Nova Ensemble Instrumental, à Vincennes le 10 octobre.

Partenaires : BTS Design d'espace du lycée Adolphe Chérioux de Vitry-Sur-Seine, Festival Île-de-France, Mac/Val, Ars Nova Ensemble Instrumental

### Geste et son

Dans le cadre de l'émergence de nouveaux outils de

«performance musicale», notamment sur «smart-phones», développés autour du projet COSIMA à l'Ircam, le département Pédagogie et action culturelle de l'Ircam s'est saisi des scénarios des jeux vocaux de Guy Reibel, compositeur né en 1936 qui s'intéresse particulièrement à l'expérimentation musicale à partir de la voix humaine. Les Jeux vocaux, parus en 1984, offrent tout un répertoire de scénarios musicaux qui doivent autant à ses recherches menées en ateliers avec des musiciens qu'à la pratique électroacoustique de la musique en studio.

Le travail mené avec les 15 élèves de la classe de 3<sup>ème</sup> DPU du Collège Jules Verne de Provins (avec sa professeure d'éducation musicale Judith Depoutot) sur 6 séances réparties entre février et juin 2015, débute cette nouvelle exploration. Par exemple, l'inclinaison du «smartphone» permet le filtrage du son. En associant ce mouvement à un travail respiratoire, on y insuffle de la vie et de la musicalité. De plus, un travail de spatialisation du son dans l'espace permet aux jeunes élèves d'associer sensation de son mouvement dans l'espace avec le contrôle du geste individuel, dans un véritable travail chorégraphique qui tente de créer des volumes changeants.

Partenaires : équipe Interactions son musique mouvement de l'Ircam, Collège Jules Verne, Provins (77).

#### Instruments augmentés

À l'aide d'outils développés par l'équipe de recherche Acoustique instrumentale, l'élève est amené à augmenter différents objets du quotidien ou instruments de musique. Il comprend au cours du parcours les liens qui existent entre matière, son et diffusion sonore. Le parcours a été restitué sous la forme d'une performance avec une classe de 5<sup>ème</sup>. Les élèves ont pu développer un projet cohérent en reconstruisant également le chercheur Adrien Mamou-Mani qui a pu présenter certains aspects de son travail de chercheur et expliciter d'un point de vue scientifique les intuitions des élèves sur les interactions entre son, matériau, taille et forme des objets.

Calendrier : septembre-décembre 2015.

Partenaires : équipe Acoustique instrumentale de l'Ircam.



© Florence Grappin

Collège Montgolfier, Paris.

#### Les PEAC et PMM aux Journées portes ouvertes de l'Ircam

- Présentation du projet «Paysages composés» : En partenariat avec le MAC/VAL, 19 élèves ont participé au projet, et ont imaginé des installations sonores permettant de repenser l'espace. 11 séquences pour 6 installations sonores ont été montées dans des espaces choisis de l'Ircam et rendues accessibles au public, repérables grâce à une signalétique particulière conçue par les étudiants du lycée Chérioux et une médiation destinée au public réalisée par les étudiants eux-mêmes.

Un mini-concert de 20' environ a eu lieu, incluant 2 pièces de musique mixte travaillées dans le cadre du projet Parcours Musique Mixte, et interprétées par des étudiants instrumentistes du Pôle Sup' 93.

Programme : *Caprices*, Luis Naon, pour clarinette basse et électronique, interprétée par Vincent Lochet.

*Music for snare drum and computer*, Cort Lippe, pour caisse claire et électronique.

- Restitution parisienne du PEAC «Geste et son» : Avec le collège Jules Verne de Provins dans un espace ouvert au public utilisant la technologie développée par l'équipe Interactions son musique mouvement de l'Ircam pour les smartphones. Les élèves ont été munis d'un iPod et ont effectué une performance mouvante. Le public a été invité à y assister librement et à suivre les élèves s'ils le souhaitaient. La performance les a emmenés jusqu'à l'espace où s'est déroulé l'atelier participatif.
- Une conférence autour des métiers à l'Ircam : Une conférence de 2 heures sur les métiers spécifiques à l'Ircam organisée sous la forme de 3 interventions d'1/2 heure, avec 30 minutes prévues à l'issue de la conférence pour échanger avec le public. Les métiers présentés : ingénieur du son, RIM, chercheur.

#### ■ **Parcours Musique Mixte (PMM)**

##### Classe «Jeunes voix» du CRR de Paris

Fruit d'une collaboration entre l'Ircam et le CRR, ce parcours a permis aux étudiants du département jeunes chanteurs du CRR de Paris de découvrir un répertoire associé à l'électronique. Pendant le concert du mardi 23 juin à 19h à l'auditorium du CRR de Paris, les œuvres suivantes ont été jouées :

- *La Fabbrica illuminata*, Luigi Nono, pour soprano et électronique, par Clémence Poussin ;
- *Lips, your lips*, Daniel d'Adamo, pour mezzo et électronique, par Jérôme Collet ;
- *Lonh*, Kaija Saariaho, pour voix de femme et électronique par Justine Vultaggio.

Encadrement pédagogique :

Valérie Philippin, enseignante de chant contemporain, CRR de Paris

Grégoire Lorieux, réalisateur en informatique musicale chargé de l'enseignement, Ircam

Franck Berthoux, ingénieur du son, Ircam

#### Pôle Sup'93

Le parcours musique mixte permet aux interprètes en voie de professionnalisation du Pôle Sup'93 de découvrir l'électronique et de présenter en concert, aussi bien des classiques contemporains, que des œuvres récentes travaillées avec les compositeurs.

*Closed Loop*, de Robert HP Platz, est une œuvre pionnière issue des récents travaux menés au sein de l'équipe Acoustique instrumentale. *Nymphea*, de Kaija Saariaho représente les premières réalisations de CAO à l'Ircam dans les années 1980. Jonathan Bell, avec *Archipel*, explore la forme ouverte, et, dans *The P-Project*, Marc Garcia Vitoria lie les modes de jeu du saxophone et les traitements en temps réel en s'inspirant de la virtuosité du be-bop.

Les œuvres du concert du 3 décembre ont été interprétées par les étudiants du Pôle Sup 93 pour la partie instrumentale et par les étudiants de Coursus 2 (Emmanuele Palumbo, Remmy Canedo, Frederic LeBel et Jonathan Bell) de l'Ircam pour la partie électronique :

- Jonathan Bell : *Archipel*, Anne Salomon (harpe) ;
- Marc Garcia Vitoria : *The P-Project*, Kévin Le Mareuil (saxophone) ;
- Robert HP Platz : *Closed Loop*, Clara Parolini (guitare) ;
- Kaija Saariaho : *Nymphea*, (extrait) Rose-Valérie Facchetti et Samia Zidi (violons), Sophie Anselin (alto), Perrine Pacherie-Basseux (violoncelle) quatuor à cordes

Encadrement pédagogique Ircam : Grégoire Lorieux.

Encadrement pédagogique Pôle Sup'93 :

Michael Appleman (professeur de musique de chambre/ quatuor), Frédérique Cambreling (professeur de harpe), Stéphane Laporte (professeur de saxophone), Judicael Perroy (professeur de guitare).

#### ■ Ateliers de la création

Depuis 2007, les «Ateliers de la création» portent une



© DR

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. Initié par le Centre Pompidou et l'Ircam, ce projet d'éducation artistique se décline depuis 2010 grâce à la participation des structures partenaires en région.

Pour l'année scolaire 2014-2015, cinq établissements ont développé des projets dans le cadre des Ateliers de la création. La restitution du travail des élèves a eu lieu pendant la journée nationale du 9 avril 2015.

#### Clermont-Ferrand : Lycée professionnel Marie Curie

Après une première labellisation réussie en 2012-2013, le Lycée professionnel Marie Curie et le festival Musiques Démesurées renouvellent leur partenariat, en associant le FRAC Auvergne à ce parcours croisé arts visuels/arts du son. La compositrice a accompagné Aude Fournier de la classe de seconde Bac professionnel Esthétique-Cosmétique-Parfumerie pendant l'année.

#### Lyon : Lycée professionnel André Cuzin

Le Lycée professionnel André Cuzin et les 24 élèves de la classe de 1<sup>ère</sup> bac professionnel Peinture ont participé au projet les Ateliers de la création en région lyonnaise. Le Grame, centre national de création musicale, et l'Institut d'Art Contemporain de Villeurbanne s'associent de nouveau autour de ce parcours croisé Arts visuels/Arts du son et créent un partenariat inédit avec l'établissement scolaire.

#### Besançon : Lycée Ferdinand Fillod « Les arts du métal »

20 élèves de la classe de CAP Ferronniers/Bronziers/ Graveurs. Le lycée Ferdinand Fillod s'est associé avec le FRAC Franche-Comté de Besançon et le compositeur Olivier Toulemonde pour mettre en place ce parcours.

#### Paris : Lycée professionnel Abbé Grégoire

La classe de seconde Bac professionnel Gestion administrative du Lycée Abbé Grégoire a participé au projet parisien. Au cours des séances, les élèves ont découvert avec la conférencière Catherine Lascaux une œuvre d'art contemporain (*Molécule de glucose étendue* de Damian Ortega,



1992-2007) au sein des collections du Centre Pompidou, avant de manipuler, à l'Ircam les sons captés pendant les cours de Gestion administrative. Ils ont été accompagnés par Grégoire Lorieux, réalisateur en informatique musicale chargé de l'enseignement à l'institut.

#### Le Havre : Lycée professionnel Robert Schuman

24 élèves de 1<sup>ère</sup> Bac professionnel ELEEC du lycée professionnel Robert Schuman. Accompagnés par l'équipe enseignante et les médiateurs culturels des structures partenaires, les élèves ont appréhendé une œuvre de la collection du MuMa (Musée d'art moderne André Malraux), et ont produit une création sonore interprétée lors de la restitution.

#### ■ Films

L'Ircam a poursuivi la réalisation de deux films s'inscrivant dans la série « Images d'une œuvre » dont l'objectif est avant tout pédagogique et didactique. Elle vise à accompagner le public dans sa compréhension d'une œuvre musicale, de suivre les différentes étapes de la fabrication de l'œuvre dans les studios de l'Ircam et d'en saisir les enjeux artistiques et technologiques. Les films sont projetés juste avant le concert en présence du compositeur et du réalisateur et une discussion informelle s'engage avec le public à l'issue de la projection. L'entrée est libre sur présentation du billet du concert.

- « Images d'une œuvre n°19 – *Tour à Tour* de Philippe Hurel » (2015), durée 20', réalisateur: Thierry Paul Benizeau. Présentation du film à Radio France le 5 juin 2015 à 18h30. Public: environ 40 personnes.

Le film s'est attaché à montrer le travail réalisé par Philippe Hurel à l'Ircam pour sa pièce *Tour à Tour*, second volet, avec électronique, de son vaste cycle pour orchestre comportant trois parties.

- « Images d'une œuvre n°20 – *Notturmo sulle corde vuote* de Francesco Filidei » (2016), durée 16', réalisateurs: Philippe Langlois et Véronique Caye. Présentation à l'Amphithéâtre de la Philharmonie de Paris le 15 janvier 2016 à 17h30. Public: environ 40 personnes.

Pour cette pièce pour quatuor à cordes Smart-Instruments, Francesco Filidei a collaboré avec l'équipe Acoustique instrumentale. Grâce à des capteurs des actionneurs et une carte informatique ultra puissante l'instrument devient lui-même son propre haut-parleur et l'électronique est injectée directement dans l'instrument. L'un des principaux attraits de ces SmartInstruments aux yeux de Francesco Filidei, a été la possibilité de faire jouer un instrument de lui-même, sans aucune action de l'instrumentiste. Le film s'est attaché à montrer tout le processus de composition et de travail réalisé avec le quatuor Bela, créateur de l'œuvre.

Les films sont consultables en ligne sur la chaîne Dailymotion de l'Ircam, YouTube et le site ressources de



© DR

l'Ircam Brahms.

Chargée de projet: Murielle Ducas

#### ■ Colloque Zimmermann

En lien avec la présentation à la Philharmonie de Paris en ouverture du festival ManiFeste, le 2 juin, du *Requiem pour un jeune poète* de Bernd Alois Zimmermann, un séminaire consacré aux enjeux musicaux, politiques, philosophiques et théologiques de cette œuvre singulière a été organisé à l'Ircam le 15 mai en collaboration avec l'EHESS. Intervenants: Laurent Feneyrou, Esteban Buch, Roque Rivas et Alain Galliari. Public: environ 60 personnes.

#### ■ Proiet collectif – Sciences Po Paris



© DR

Des élèves de Sciences Po en master Culture-Affaires publiques ont réfléchi à une problématique définie par l'Ircam et ont apporté leur point de vue critique et analytique. Le point de départ de notre réflexion est venu de la fermeture de l'Espace de projection, la salle de concert de l'Ircam. En quoi cette contrainte forte oblige l'Ircam à repenser son positionnement en termes de collaboration artistique avec des partenaires extérieurs, de relations au public... ? Coline Guillamot et Juliette Le Guillou ont mené une étude pratique, au sein de l'Ircam et auprès de ses partenaires, qui interrogeait la question des publics, de leur développement, notamment à travers la mise en place d'actions culturelles.

## ULYSSES NETWORK (2012-2016)

### ACTIVITÉS DU RÉSEAU

Le réseau Ulysses : réseau des lieux européens de professionnalisation de la jeune création, dont l'activité a été soutenue par l'Europe de 2012 à 2016. Ce soutien est reconduit pour une nouvelle période de 2016 à 2020.

Le réseau Ulysses fédère l'action de 13 institutions européennes fortement engagées dans le soutien et la promotion de la jeune création. Ces partenaires (académies d'été, résidences, programmes de soutien liés à des ensembles ou des festivals) jouent un rôle fondamental dans le repérage, l'accompagnement, la professionnalisation et le développement de carrière des jeunes compositeurs et musiciens européens. Les activités du réseau permettent aux jeunes artistes musicaux contemporains de développer une expérience individuelle à partir de rencontres, d'échanges et de bénéficier de parrainages au contact de grands compositeurs et d'interprètes. Ainsi, l'objectif du réseau est de permettre aux œuvres de jeunes artistes de toucher un public toujours plus large, de favoriser leur circulation en Europe, mais aussi de stimuler des coproductions transnationales et des formes artistiques innovantes. Pour ce faire, les activités ont été structurées selon quatre grands programmes :

- Meet and Create : mettre en place des résidences européennes pour les jeunes artistes ;
- Beyond Limits : faciliter la coproduction européenne et la circulation des œuvres hors frontières ;
- Not Alone : rendre possible de nouvelles formes artistiques au travers d'activités interdisciplinaires ;
- Design the future : développer des activités pour le jeune public et les très jeunes artistes/musiciens amateurs.

Sous la coordination de l'Ircam, les institutions partenaires coorganisatrices du réseau sont :

- Aldeburgh Music (Aldeburgh, Grande-Bretagne) ;
- Brivas Muzikas Agentura (Mazasalaca, Lettonie) ;
- Budapest Music Center (Budapest, Hongrie) ;
- Divertimento Ensemble (Milano, Italie) ;
- Flagey (Bruxelles, Belgique) ;
- Gaudeamus Muziek Week (Utrecht, Pays-Bas) ;
- Fondation Royaumont/Voix Nouvelles (Asnières-sur-Oise, France) ;
- IEMA (International Ensemble Modern Academy, Frankfurt, Allemagne) ;
- IKI/OPUS XXI (Hamburg, Allemagne) ;
- Impuls (Academy for Contemporary Music, Graz, Autriche) ;

- Internationale Musiktage (Darmstadt, Allemagne) ;
- Time of Music (Vitasari, Finlande).

Quatre projets réalisés en 2015 montrent la diversité et la richesse des activités menées dans le cadre du projet Ulysses.

#### ■ Daniele Ghisi – *An Experiment With Time*

Le projet *An Experiment With Time* du compositeur italien Daniele Ghisi, co-commande de l'Ircam et de l'Ensemble Divertimento dans le cadre du projet Ulysses, a été l'un des projets phares de l'année 2015 pour le réseau. Inspiré du livre de John William Dunne, le projet interdisciplinaire a donné naissance, à l'occasion de ManiFeste-2015, à une installation multimédia, incluant vidéo et bande son électronique. Celle-ci a été présentée lors d'une tournée européenne dans 3 pays et 4 établissements d'accueil, initiant de nouvelles collaborations avec des lieux n'ayant jamais accueilli auparavant des productions de l'Ircam. Le projet culmine ensuite dans une version live pour vidéo, ensemble et électronique, présentée début 2016 à Milan et à Paris.

#### ■ Dario Calderone – « Solo Double Bass »

Le projet « solo double bass » avait pour objectif d'étoffer le répertoire pour contrebasse solo, tout en faisant travailler de jeunes compositeurs internationaux en lien direct avec un soliste jeune mais confirmé et reconnu. Grâce à une coopération de la Gaudeamus Muziekweek (NL) et Impuls Graz (AT), et en étalant le projet sur une année avec plusieurs étapes de travail, 10 compositeurs ont pu écrire de nouvelles pièces, dont 3 soutenues via des commandes par les organisateurs. Ces œuvres ont été présentées dans 3 concerts publics avant de partir en tournée mondiale avec leur interprète.

#### ■ IEMA en résidence à l'Ircam et « Composition Workshop »

Courant 2015, le jeune ensemble IEMA (DE) a participé à deux projets du réseau Ulysses et ainsi bénéficié d'une visibilité européenne, tout en soutenant cinq jeunes compositeurs internationaux via de nouvelles créations.

Associé à la Gaudeamus Muziekweek (NL), IEMA a offert à 4 compositeurs internationaux sélectionnés plusieurs séances de travail avec les tuteurs de l'Ensemble Modern, avant de créer publiquement leurs pièces à Utrecht en septembre et de les présenter par la suite en tournée aussi en Allemagne.

À l'occasion de l'académie ManiFeste-2015 de l'Ircam, les jeunes musiciens de l'ensemble IEMA ont eu l'occasion de travailler en coopération avec de jeunes instrumentistes du CNSMD de Paris et sous la direction du chef Emilio Pomarico – une collaboration qui a donné lieu à deux concerts publics clôturant l'académie et le festival 2015.

■ **« ULYSSES on tour »** – Benjamin Scheuer + Hikari Kiyama  
En 2015 plusieurs « odysées » de jeunes compositeurs à travers les différentes institutions du réseau se sont achevées avec de beaux accomplissements. Ainsi, le compositeur japonais Hikari Kiyama a pu présenter 5 pièces différentes dans 3 institutions et pays différents et travailler à cette occasion avec quatre jeunes ensembles invités en résidence dans les différentes institutions partenaires du réseau. Le compositeur allemand Benjamin Scheuer a participé de son côté à des résidences dans 5 différentes institutions partenaires du réseau, a reçu 2 commandes et pu présenter plus de 5 pièces différentes dans 8 concerts au total, interprétés par différentes formations (ensemble, ensemble vocal, etc.).

#### ■ Ulysses Project

Le site « Ulysses Project » (3500 visites/an) est destiné à donner une vue d'ensemble du Projet Ulysses pour le grand public. Ce site décrit les objectifs, les partenaires et les activités à travers une présentation par « timeline ». Des liens permettent l'accès au site Platform (pour les concours) et Community (pour l'interaction entre les artistes et organisations). Ce site sert également de vecteur de valorisation pour la Commission européenne.

<http://project.ulysses-network.eu/>

#### ■ Ulysses Platform

L'objectif principal de ce site est la création des concours en ligne destinés à des activités très variées : académies pour compositeurs et interprètes, concours de composition, appels à candidatures pour des projets de recherche musicale, appel à candidatures pour le « Doctorat de musique : recherche en composition ». Ce site sert également comme base de données des compositeurs et interprètes (2678) ainsi que des œuvres (5714).

<http://www.ulysses-network.eu/web/home/>

#### ■ Ulysses Community Platform

La plate-forme communautaire Ulysses (mise en ligne en février 2014) est un outil de partage de données et d'informations à destination des professionnels et de la jeune création contemporaine dans le secteur des musiques nouvelles.

L'objectif est de pouvoir repérer et promouvoir les nouvelles créations et favoriser les collaborations via cet outil en ligne, s'appuyant pour cela sur une base pertinente et enrichie quotidiennement par les artistes et les structures eux-mêmes.

#### Fonctionnalités

- création de réseaux : les artistes et les structures peuvent entrer en contact et créer un certain nombre de réseaux en ligne ;
- promotion : la communauté Ulysses permet aux utilisateurs de promouvoir en ligne des profils, des œuvres et des activités, grâce notamment à deux fonctionnalités centrales : le fil d'actualités, visible pour les membres de la communauté, et les articles mis en ligne sur la home page du site, visible pour tous les internautes ;
- moteurs de recherche utilisateurs et œuvres : deux moteurs de recherche ont été mis à disposition des utilisateurs permettant de rechercher facilement les membres de la communauté, grâce à une grille de critères pertinents et favorisant les collaborations, ainsi que les œuvres, permettant de trouver rapidement une œuvre pour une demande spécifique.

À ce jour, la Community Platform a attiré plus de 286 compositeurs, 93 interprètes et 95 organisations.

<http://community.ulysses-network.eu/>

#### ■ Évolution des outils Platform et Community

La deuxième partie de 2015 à été dédiée à la conception et le prototypage de la fusion des outils « Platform » et « Community ». Ce nouvel outil sera développé en 2016 en ajoutant les fonctionnalités suivantes :

- une fonction de « tracking » qui permet de visualiser la circulation des œuvres et des artistes à travers le réseau Ulysses et au delà ;
- une fonction de « labélisation » qui permet d'identifier aisément les artistes que le réseau souhaite promouvoir ;
- une fonction « follower » qui permet aux artistes et organisations de promouvoir leurs activités et d'être informés sur les activités de leurs cercles d'utilisateurs ;
- un système de partage et archivage des données qui permettra aux utilisateurs de classer, partager et chercher des informations disponibles pour un public très large.





# RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

UNITÉ MIXTE DE RECHERCHE

SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE LA MUSIQUE ET DU SON



# INTRODUCTION

## SYNTHÈSE DES TRAVAUX DE RECHERCHE ET DE DÉVELOPPEMENT

La recherche scientifique est portée au sein de l'institut par l'unité mixte de recherche STMS (Sciences et technologies de la musique et du son – UMR9912) sous les tutelles de l'Ircam-MCC, du CNRS et de l'UPMC, adossée au département Recherche et développement de l'Ircam. Les recherches scientifiques et technologiques pluridisciplinaires de STMS sont menées en rapport étroit avec les problématiques de recherche musicale dans le contexte de la création contemporaine. La mise en œuvre de ces travaux suit une organisation par équipes spécialisées et grandes lignes thématiques inter-équipes. Les travaux de l'unité visent à concourir à l'état de l'art international et à l'excellence académique dans chacune de ces thématiques, aussi bien au niveau des visions à long terme et fondamentales que dans les débouchés applicatifs. Ces derniers se manifestent notamment dans le développement d'environnements logiciels, principalement destinés aux compositeurs, aux musiciens, aux chercheurs 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 adaptées, donne lieu à la consolidation d'une expertise originale autour des STMS, qui fait l'objet de différentes formes de structuration et collaborations avec des institutions et partenaires industriels aux échelles nationale, européenne et internationale.

### ■ Conjoncture scientifique de l'UMR

Après avoir intégré l'émergence des études sur la créativité humaine et artificielle et leur importance dans un centre dédié à la création musicale dans ses relations aux sciences et aux technologies, le laboratoire continue sa réflexion sur la clarification de ses grandes lignes de forces thématiques. Il s'agit à la fois de prendre en compte les évolutions naturelles des contenus scientifiques dans les équipes qui sont en veille permanente des grands mouvements d'idées dans la recherche internationale, de centrer de manière volontariste le propos sur notre relation art-sciences particulière qui articule production de connaissances et création de très haut niveau, et de nous préparer aux grands défis technologiques qui pointent.

Cette réflexion aura deux étapes importantes, le Conseil scientifique de l'Ircam en mars 2016, et l'évaluation nationale du laboratoire préparée à partir de 2017.

D'ores et déjà, la dynamique intrinsèque de STMS pour la période de rapport fait apparaître des lignes que nous esquissons ici (en italique) et qui devront faire l'objet d'une synthèse pour déterminer les grandes orientations futures.

L'interaction individuelle et collective est étudiée, aussi bien sous l'angle des sciences humaines avec l'analyse des processus créatifs et de l'improvisation de groupe que sous celui des technologies avec les projets sur les dynamiques créatives de l'interaction improvisée, les projets mettant au centre l'interaction gestuelle et l'objet sonore tangible et actif, l'apprentissage sensori-moteur et l'intégration sensorielle multi-modale. L'apprentissage et la créativité sont de plus en plus articulés avec l'intégration des nouvelles techniques d'apprentissage automatique qui commencent à s'imposer massivement dans les autres disciplines et sont susceptibles de donner une compréhension multi échelles de masse de données, d'en tirer de nouvelles stratégies génératives (orchestration, composition, improvisation) ou descriptives (MIR). Les modèles non linéaires qui capturent la complexité réaliste des sources sonores connaissent un développement important avec l'équipe-projet S3 (Systèmes et signaux sonores) et les nouvelles approches géométriques de la mécanique. L'analyse-synthèse de scènes se déploie vers l'espace (champs sonores 3D, représentations temps-fréquence-espace) et la scène auditive généralisée (audiovisuel, textures, instruments). L'idée de Temporalité et formes se constitue dans les études mathémusicales qui se connectent mieux à la création, avec la présence nouvelle des doctorants en composition et dans le renouvellement de la pensée sur le temps (synchronisation adaptative, acteurs temporels, structures temporelles dynamiques). Cet aspect est aussi abordé en sciences humaines avec l'historiographie prospective. La voix continue de concentrer l'intérêt des chercheurs avec de nouvelles méthodes de synthèse et de transformation et l'introduction significative des neurosciences cognitives de l'émotion, ainsi que la connexion originale avec le corps et la gestualité dans l'évaluation de l'imitation comme processus de création et de design.

### ■ Points marquants

Le soutien de ses tutelles à l'UMR STMS s'est poursuivi par l'affectation de deux nouveaux chercheurs, Karim Haddad (Ircam, équipe Représentations musicales) et le recrutement au concours externe du CNRS de Clément Cannone (section 35, équipe Analyse des pratiques musicales).

L'organisation interne a fait l'objet de plusieurs évolutions importantes et pour certaines relativement inédites. Une nouvelle équipe-projet S3 (Systèmes et signaux sonores),

transversale aux équipes Analyse et synthèse des sons et Acoustique instrumentale, a été constituée sous la responsabilité de Thomas Hélie. Un nouveau Pôle Ingénierie et Prototypage (PIP), regroupant de manière transversale toutes les activités d'ingénierie électronique et d'expérimentation au service des différentes équipes, a été constitué sous la responsabilité d'Emmanuel Fléty. En ce qui concerne le département Recherche et développement, la réorganisation du Service informatique, initiée en 2014, s'est traduite par la nomination d'un nouveau responsable (Raphaël Sallé de Chou), le recrutement de plusieurs administrateurs système et le lancement d'un vaste chantier de modernisation et de rationalisation de l'infrastructure.

La structuration des liens avec la COMUE Sorbonne Universités s'est renforcée avec, d'une part la signature d'une convention-cadre de collaboration avec l'Ircam sur les aspects de recherche, formation et valorisation et, d'autre part, la participation de STMS à la constitution du Collegium Musicae, institut regroupant l'ensemble des laboratoires et structures menant des activités dans le champ musical.

La question des moyens de la recherche a largement mobilisé notre attention, la baisse des projets sélectionnés à l'ANR depuis 2014 avec la mise en place de son appel générique, s'étant confirmée en 2015 et constituant un risque important pour l'équilibre financier des années à venir. Ce constat a suscité une analyse approfondie des résultats obtenus et donné lieu à des actions individuelles et collectives d'ampleur vis-à-vis de l'ANR pour proposer des évolutions du dispositif existant et en interne pour accompagner la rédaction des soumissions. L'anticipation de cette tendance depuis 2013 s'est également traduite par un investissement accru et des résultats exceptionnels, tant dans l'obtention de projets européens dans le cadre de programme H2020 que du volume des ressources de valorisation industrielle. Ces résultats sont présentés dans les parties introductives du rapport, de même que les différents événements publics organisés dans l'année: conférences internationales WAC (Web Audio Conference), TCPM (Tracking the Creative Process in Music), TENOR (First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation), portes ouvertes, etc.

Les principaux points marquants des travaux de recherche de l'année sont présentés ci-après, selon les quatre orientations thématiques transversales de la période contractuelle 2014-2018, elles-mêmes subdivisées selon les thèmes de recherche musicale structurant l'activité des équipes dans leur relation avec les enjeux musicaux.

#### Modélisation, simulation et analyse

Modèles de signaux:

- finalisation du projet Physis et de la thèse de Wei Hsiang Liao consacrés aux modèles de synthèse de textures sonores;
- soutenance de la thèse de Henrik Hahn sur des modèles source-filtre d'instruments constitués à partir de bases d'échantillons sonores;
- finalisation du logiciel The Snail offrant un algorithme et une interface avancée pour l'accordage et la visualisation de signaux musicaux;
- finalisation du projet européen 3DTVS consacré à l'analyse automatisée de scènes audiovisuelles à partir de contenus 3D.

Voix:

- aboutissement de la thèse de Stefan Huber en lien avec la société Acapela sur la conversion d'identité de voix;
- mise au point d'un nouveau moteur de synthèse et transformation de la voix chantée et premiers résultats sur la modélisation de styles de chant, projet ANR Chanter;
- participation à la production du film Pourquoi j'ai pas tué mon père de Jamel Debbouze et production de la voix du personnage de Louis de Funès;
- démarrage du projet Route soutenu par le programme Emergence de Sorbonne Universités et consacré à l'écoute des robots.

Indexation musicale:

- finalisation du projet PIA FSN Bee Music: mise à l'échelle des outils d'identification, d'analyse et de classification automatique de la base de données de plusieurs millions de titres BIPP gérée par Kantar Media pour le SNEP (Syndicat national des éditeurs phonographiques). Mise au point d'un nouvel algorithme d'identification automatique robuste aux dégradations sonores;
- conclusion d'un accord de licence à large échelle avec le groupe Universal Music pour l'exploitation des technologies d'analyse automatisée de l'Ircam, confirmant sa position de leader du domaine.

Acoustique instrumentale et modèles physiques:

- finalisation du projet Cagima sur la modélisation de la clarinette et de l'interaction avec l'instrument, avec notamment la production d'un nouveau modèle et d'un bec instrumenté;
- applications des recherches récentes sur le contrôle actif des instruments avec la réalisation du projet SmartInstruments comportant le développement d'un dispositif embarqué (COALA), et plusieurs productions et résidences artistiques;
- soutenance de la thèse de Florie-Anne Baugé en collaboration avec Dassault Systèmes sur l'utilisation de la

géométrie différentielle pour la formulation des équations acoustiques et constitution d'un réseau interdisciplinaire sur ce thème ;

- applications des systèmes hamiltoniens à ports : morphing de structures modales, constitution modulaire stable de dispositifs multi-physiques (dont piano Fender Rhodes), démarrage de la thèse de Rémy Muller sur la modélisation de systèmes analogiques, modélisation de cordes ;
- démarrage de la thèse de Damien Bouvier sur l'identification de systèmes non linéaires sur la base de séries de Volterra ;

Spatialisation sonore :

- avancées théoriques sur l'optimisation MIMO de réseaux sphériques de microphones et de haut-parleurs pour la mesure de réponses impulsionnelles de salles ;
- application de récentes recherches sur la convolution 3D et la réverbération hybride : production de Le Encantadas d'Olga Neuwirth et développement de l'environnement de mixage 3D Panoramix ;
- synthèse binaurale (projet BiLi) : nouvelles méthodes facilitant le protocole d'individualisation et constitution d'un serveur OpenDAP donnant accès aux données au format SOFA récemment standardisé.

#### 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.

Composition assistée par ordinateur :

- projet ANR EFFICAC(e) : extension réactive du moteur du logiciel OpenMusic ; développement d'une architecture d'ordonnancement des processus dynamiques ; constitution de structures de contrôle de la spatialisation et intégration du moteur de synthèse par descripteurs IAE ;
- aide à l'orchestration : perfectionnement et diffusion d'une version finalisée du logiciel Orchids, démarrage d'un projet international soutenu par le fonds canadien SSHRC et de la thèse de Léopold Crestel sur les stratégies d'orchestration de parties de piano à partir de corpus appris introduisant les nouvelles thématiques scientifiques de Deep Learning (apprentissage profond) ;
- rythme : démarrage de la thèse de composition de Karim Haddad sur l'écriture du rythme et développement d'une nouvelle approche de modélisation arborescente et théorie structurale pour la quantification rythmique avec une UPI pour l'implémentation en OpenMusic.

Écriture du temps et de l'interaction :

- écoute artificielle : nouveaux modèles audio discriminatifs faiblement supervisés, nouveau modèle semi-markovien pour le suivi MIDI, mise en œuvre de modèles de voyelles pour le suivi de voix chantée, nouvelle approche de segmentation audio en ligne traitant de manière coopérative de la segmentation et de la reconnaissance des similarités (nouvelle thèse de Maxime Sirbu) ;
- soutenance de la thèse de José Echeveste étendant le langage d'Antescofo pour les processus musicaux liés au suivi de partition comportant notamment plusieurs stratégies de synchronisation à partir d'une référence de tempo variable ;
- expérimentation dans Antescofo de contrôle du code de traitement de signal avec allocation dynamique ;
- production automatisée de données de test de conformité temps réel pour l'interpréteur d'Antescofo ;
- finalisation du projet ANR Inedit sur l'interopérabilité d'environnements logiciels musicaux issus de différents centres de recherche musicale.

#### Interactions musicales et sonores

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 :

- finalisation de la thèse de Jules Françoise proposant une nouvelle méthode de mapping par démonstration pour la modélisation des relations geste/son ;
- finalisation du projet Legos sur l'étude de l'apprentissage sensori-moteur dans l'interaction geste/son, soutenance sur ce thème de la thèse d'Éric Boyer, organisation d'un workshop international et démarrage de nouveaux projets en collaboration avec l'ISIR dans le cadre du Labex SMART de l'UPMC ;
- démarrage des projets H2020, Rapid-Mix et MusicBricks, portant sur l'interaction multimodale et le transfert de technologies musicales auprès d'entreprises du secteur et de communautés artistiques ;
- développement de RIOT, nouvelle interface performante miniaturisée de captation gestuelle sans fil à 9 degrés de liberté compatible Arduino (projet MusicBricks) ;
- interaction musicale collaborative à partir de smartphones : finalisation d'une première version du logiciel Collective Soundworks, nouvelles expérimentations et projets artistiques et études sur la synchronicité en vue de d'une diffusion sonore spatialisée par réseaux de mobiles (projet ANR CoSiMa).

Interaction Improvisées reposant sur des modèles symboliques et des agents créatifs :

- démarrage du projet ANR DYCI2 sur les dynamiques



créatives de l'interaction improvisée selon trois axes : écoute artificielle augmentée, apprentissage multidimensionnel et multi-échelle des structures musicales en ligne (démarrage Thèse Ken Deguernel), et architectures d'agents créatifs autonomes (thèse de Jérôme Nika sur le guidage de l'improvisation, stage d'Axel Chemla sur l'hybridation du modèle de guidage et du modèle réactif de SoMax, thèse de Kevin Sanlaville sur l'adaptation temporelle de l'interaction collective).

#### 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 :

Formalisation mathématique, informatique et musicale :

- soutenance de la thèse de Mattia Bergomi sur l'application de modèles topologiques pour la comparaison de motifs musicaux et l'ajout de dimensions continues de tension musicale aux tonnetz, articulation avec le travail de création de Daniele Ghisi, doctorant en composition ;
- Math'n Pop : application de formalismes géométriques et topologiques pour la classification automatique de musiques populaires ;
- calcul spatial : poursuite des travaux sur l'utilisation des complexes simpliciaux pour représenter et agréger les espaces multidimensionnels de paramètres musicaux, intégration dans le travail de création de Julia Blondeau doctorante en composition ;
- travaux sur l'homométrie (inspirés de la cristallographie) permettant de remonter des descriptions de surface aux structures (thèse de Grégoire Génuys), sur le pavage généralisé (thèse d'Héliante Caure), sur la théorie des catégories (collaboration avec Mme Ehresmann, généralisation des réseaux de Klumpenhouwer) ;
- nouvelle méthode de programmation linéaire en nombres entiers pour décomposer automatiquement une pièce en ses classes de motifs modulo des transformations (post-doc JNPN de Tsubasa Tanaka) ;
- extension des travaux sur un compilateur pour le langage NTCC formalisant le calcul concurrent par contraintes en musique, avec la réalisation d'un solveur de contraintes et d'un langage de modélisation.

Musicologie contemporaine, systèmes hypermédia :

- paradigme gestuel en musique contemporaine (projet ANR Gemme) : études sur les interactions compositeurs/interprètes, suivi de production de la pièce *Sculpting the air* de Jesper Nordin, production d'une monographie sur Helmut Lachenmann ;
- analyse des processus créateurs : parution de plu-

sieurs ouvrages, organisation du colloque international TCPM, études sur la création collective et nouveaux travaux sur l'improvisation consécutifs au recrutement de Clément Cannone ;

- analyse du répertoire mixte (projet Analyses) : constitution d'un nouvel environnement technique et d'un comité éditorial externe ;
- technologies web : organisation de la première édition du colloque international WAC (Web Audio Conference) et finalisation du projet ANR Wave avec la diffusion de la bibliothèque javascript open source waves.js.

Perception et design sonores :

- constitution de l'équipe-projet CREAM sur les neurosciences de l'émotion musicale, recrutement de plusieurs doctorants, ingénieurs et post-doctorants et premiers résultats sur la modification de l'émotion de la voix et les effets induits sur les sujets ;
- poursuite du projet européen SkAT-VG multi-équipes (Perception et design sonores, Interactions son musique mouvement, Analyse et synthèse des sons) avec la production d'une importante base de données d'imitations vocales/gestuelles et des études sur l'identification des imitations par des sujets humains et par des techniques d'apprentissage ;
- sonie : finalisation du projet ANR avec la soutenance de la thèse d'Emmanuel Ponsot et nouvelles études sur la sonie de scènes auditives composites dans le cadre de la chaire UPMC « MouVie » - Mobilité et Qualité de Vie en Milieu Urbain soutenue par Renault et PSA.

Cognition intermodale et fusion multisensorielle :

- poursuite des recherches sur les liens entre intégration multi-sensorielle et ressenti émotionnel issu de la confrontation à une foule ;
- premiers aboutissements de recherches menées avec le CNES en apesanteur dans le cadre de vols paraboliques sur la variation de ressenti du corps propre selon les stimuli présentés.

## 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. Une synthèse des projets en cours en 2015 est donnée page suivante.

Nouveaux projets 2015	Appel	Objet	Date Début	Date Fin	Porteur	Référent Ircam	Equipes Ircam participantes	Montant
<b>MIM</b>	H2020-Marie Curie	Enhancing Motion Interaction through Music Performance	1/4/2016	1/3/2019	<b>Ircam</b>	B. Caramiaux	ISMM	232 160,40 €
<b>ABC_DJ</b>	H2020 ICT-19-2015	Artist-to-Business-to-Business-to-Consumer Audio Branding System	1/1/2016	12/31/2018	<b>TU Berlin</b>	H. Vinet/ G. Peeters	AnaSyn, ISMM	666 325,00 €
<b>Orpheus</b>	H2020 ICT-19-2015	Object-based broadcasting – for European leadership in next generation audio experiences	12/1/2015	5/31/2018	<b>FhG IIS</b>	O. Warusfel	EAC	235 000,00 €
<b>Orchestration</b>	SSHRC	New tools for orchestration: Theory, perception, technology, creation and pedagogy	4/1/2015	3/31/2018	<b>Univ. McGill</b>	P. Esling	RepMus	36 000,00 €
Autres projets en cours	Appel	Objet	Date Début	Date Fin	Porteur	Référent Ircam	Equipes Ircam participantes	Montant
<b>Cream</b>	ERC Starting	Cracking the emotional code of music	10/1/2014	9/30/2019	<b>STMS-CNRS</b>	J.J. Aucouturier	PDS, AnaSyn	1 499 992,00 €
<b>DYCI2</b>	ANR appel générique	Dynamiques créatives de l'interaction improvisée	10/1/2014	9/30/2018	<b>Ircam</b>	G. Assayag	RepMus	200 428,00 €
<b>RapidMix</b>	H2020 ICT-22-2014	Realtime Adaptive Prototyping for Industrial Design of Multimodal Interactive eXpressive technology	2/1/2015	1/31/2018	<b>UPF</b>	F. Bevilacqua	ISSM	399 000,00 €
<b>Chanter</b>	ANR ContInt	CHAnt Numérique avec contrôle TEmps Réel	1/1/2014	6/30/2017	<b>LIMSI-CNRS</b>	A. Roebel	AnaSyn	361 932,00 €
<b>Cosima</b>	ANR ContInt	Plateforme auteur pour la création d'expériences participatives situées	11/1/2013	4/30/2017	<b>Ircam</b>	N. Schnell	ISMM/ EAC	562 678,97 €
<b>Efficace</b>	ANR JCJC	Extensions temporelles pour les environnements de composition assistée par ordinateur	10/1/2013	3/30/2017	<b>Ircam</b>	J. Bresson	RepMus, EAC, ISMM	324 167,00 €
<b>Skat-VG</b>	FET	Sketching Audio Technologies using Vocalizations and Gestures	1/1/2014	12/31/2016	<b>Université de Venise IUAV</b>	P. Susini	PDS, AnaSyn, ISMM	789 214,00 €
<b>Music Bricks</b>	H2020 ICT-18-2014	Musical Building Blocks for Digital Makers and Content Creators	1/1/2015	6/30/2016	<b>Sigma Orionis</b>	F. Bevilacqua/ H. Vinet	ISSM	166 250,00 €
<b>BiLi</b>	FUI	Ecoute binaurale	9/1/2012	6/30/2016	<b>France Télévisions</b>	O. Warusfel	EAC	313 807,08 €
<b>Bee Music</b>	AAP Numérisation	Base de référence de l'édition phonographique	1/3/2013	1/2/2016	<b>Kantar Media</b>	H. Vinet/ G. Peeters	AnaSyn	689 404,00 €



# L'ACTIVITÉ RECHERCHE

## ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	5	Nationaux et régionaux Cagima	1	Open University (R.U.) ITEMM (Le Mans) LMA (Marseille)	Y. Maresz F. Filidei N. Mondon
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	2	Conférences avec comité de sélection		Internationaux		IJLRDA (Paris) McGill University (Montreal)	P. Clift J. Arroyo
Doctorants	4	Ouvrages et chapitres		Contrats industriels		Dassault Systèmes	
Stagiaires	1	Thèses de doctorat et HDR	1			LPMTM (université Paris 13)	

Responsable : René Caussé.

Responsable-adjoint : Adrien Mamou-Mani

Les activités de l'équipe Acoustique instrumentale sont centrées sur les instruments de musique. Elles visent principalement une meilleure compréhension des mécanismes physiques à l'œuvre lorsqu'un musicien joue d'un instrument. Pour cela, l'équipe suit une démarche de modélisation, confrontant simulations et expérimentations, aussi bien sur les instruments à cordes, à vent, que les percussions.

Les modèles physiques conçus sont à l'origine de développements technologiques, comme des outils d'aide à la facture instrumentale et des nouveaux instruments virtuels et hybrides acoustiques/électroniques.

L'année 2015 a été marquée par l'achèvement du projet ANR Cagima, qui a amené des résultats dans la modélisation de la clarinette et dans l'interaction entre un clarinetiste et son instrument. L'équipe a contribué au développement de maquettes virtuelles de clarinettes intégrant des propriétés acoustiques provenant ou non de données expérimentales. Le développement de nouveaux bords instrumentés a donné des premiers résultats encourageants permettant des techniques d'adaptation des musiciens.

Une nouvelle collaboration est née avec des chercheurs en sciences humaines et sociales autour des instruments de l'Antiquité. Ces instruments soulèvent des questions importantes de modélisation : ils sont fragmentés, ont subi des détériorations avec le temps, ont fait parfois l'objet

de copies. L'équipe s'est concentrée pour le moment sur l'étude acoustique des cornua, instruments à vent antiques, depuis leur modélisation par éléments finis jusqu'à leur synthèse sonore.

Les recherches sur le contrôle actif d'instruments ont atteint un stade de maturité, se traduisant par plusieurs publications majeures et une activité importante de développement, représentée par l'unité projet innovation Smart-Instruments. Le contrôle actif nécessitant un matériel spécifique, le COALA a été réalisé. Ce système temps réel à latence faible est maintenant l'outil privilégié de prototypage pour les algorithmes de contrôle développés dans l'équipe. Il est aussi utilisé par plusieurs compositeurs. Les recherches sur le contrôle de systèmes non-linéaires (en collaboration avec l'institut d'Alembert de l'UPMC) ont abouti à des premiers résultats très encourageants sur les gongs. Les gongs d'opéra chinois munis de capteurs et d'actionneurs ont été décrits grâce à une analyse modale par vibromètre laser, et l'amortissement des résonances est maintenant maîtrisé par contrôle actif modal.

La modélisation des systèmes non-linéaires reste un sujet majeur au sein de l'équipe. La thèse de Florie-Anne Baugé (en collaboration avec Dassault Systèmes, finie en septembre 2015) a montré les premières utilisations des approches géométriques pour la synthèse sonore. L'équipe a de plus construit un consortium regroupant chercheurs en mathématiques, en mécanique, ainsi que des entre-

prises, et a répondu à divers appels à projets. La naissance de l'équipe projet Systèmes et Signaux Sonores, en collaboration avec l'équipe Analyse et synthèse des sons, est une autre source de nouveaux formalismes qui font repenser la modélisation des instruments.

### ■ Aide à la facture instrumentale

#### Projet Cagima [Conception Acoustique Globale d'Instruments de Musique à Anche justes et homogènes]

Le projet Cagima soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche, s'est achevé fin novembre. Son objectif général était la conception acoustique globale d'instruments de musique à anche, justes et homogènes. La contribution de l'équipe lors de cette dernière année a porté principalement sur deux tâches :

#### Maquette virtuelle

Plusieurs axes de travail ont été réalisés, un article est en cours d'écriture (Pierre-André Taillard, Joël Bensoam) avec les collègues du LMA (Jean Kergomard, Philippe Guillemain, et Fabrice Silva) dont les sections sont :

- partie consacrée aux méthodes d'estimation modales à partir de mesures d'impédance de clarinette. Il s'agit d'expliquer scientifiquement le passage d'une série de mesures à l'expression d'un banc de filtres numériques opérationnels pour la simulation sonore temps réel :
  - description du modèle numérique paramétrique (filtres numériques) ;
  - explications du calcul des paramètres numériques en donnant leurs expressions ;
  - discussion : les algorithmes du logiciel Modalys étant fondés sur des modes réels, la nécessité d'utiliser les modes complexes (4 paramètres au lieu de 3 par mode) impliquerait une refonte radicale du logiciel ;
- section consacrée aux transitions entre « notes » ;
- section consacrée à cartographier les (ou quelques) sons obtenus en fonctions de paramètres d'embouchure ( $\zeta, \gamma$ ) pour 2 ou 3 instruments différents, pour une même note du 1<sup>er</sup> registre, mettant en valeur les indicateurs de jouabilité (temps d'attaque, plage de justesse « acceptable ») ;
- de notre côté, avec Robert Piéchaud à l'Ircam, tentative de développer un objet « Modalys » dont la dynamique est régie par le filtre numérique générique proposé par P.-A. Taillard. Il est envisagé dans l'avenir d'utiliser le bec instrumenté développé dans l'équipe pour piloter les simulations.

#### Analyse du geste d'adaptation des clarinettes

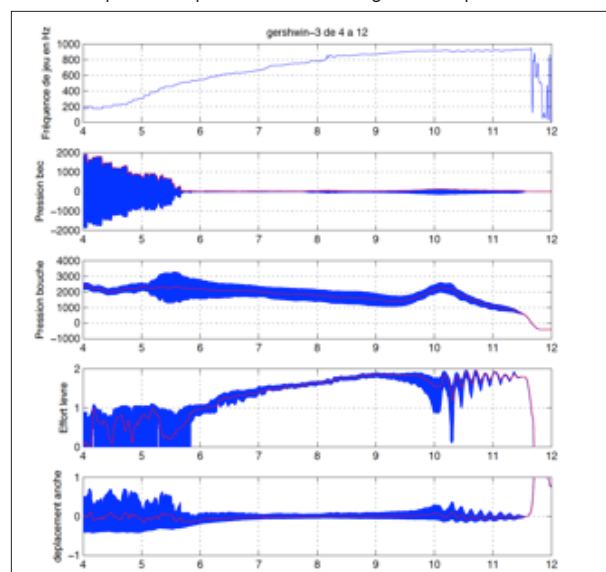
L'objectif est d'étudier l'adaptation des clarinettes confrontés aux défauts des différents instruments du corpus. En cela, le bec de chaque clarinette a été instrumenté en s'inspirant d'un prototype réalisé en 2008 pour les pièces du compositeur Luis Naon, *Caprices 3 et 4*, pour clarinette basse et électronique.

La mesure simultanée des deux composantes de la pression (statique et alternative) dans la bouche du musicien et dans le bec de l'instrument, celle de la force exercée sur l'anche par la lèvre et de l'ouverture de l'anche à son extrémité, associée à la pression rayonnée, a permis de dégager un ensemble de gestes d'adaptation lors de campagnes de mesure effectuées avec plusieurs instrumentistes venant d'horizons musicaux divers.

Outre une meilleure connaissance de ces techniques de jeu, l'analyse nous apporte des éléments nouveaux pour interpréter la qualité d'une clarinette vue par l'instrumentiste. Elle nous permet également de faire le lien entre les sensations de l'essayeur-musicien et des critères rationnels, d'objectiver en quelque sorte le ressenti des instrumentistes. On pourra par exemple observer si le musicien a besoin de souffler plus ou moins fort pour créer une note de même intensité avec deux instruments différents, ou entre deux notes d'un même instrument.

Un exemple d'exercice « simple » pour l'analyse consiste à demander au musicien de corriger la justesse, c'est-à-dire à jouer une note tenue en variant la hauteur de la note vers le bas ou vers le haut. La corrélation entre la hauteur de la note et les données du bec instrumenté permet de dégager des tendances sur l'influence des différentes données, de faire ressortir les relations existantes entre elles. Indirectement, il est possible de mettre en évidence l'implication du conduit vocal pour certaines techniques de jeu pour lesquelles un maximum d'impédance peut, dans certains cas, piloter totalement l'auto-oscillation. Un exemple bien connu est celui du glissando de la clarinette au début de *Rhapsody in Blue* de Gershwin.

C'est ce qui est représenté sur la figure ci-après.



Signaux enregistrés au bec instrumenté lors du glissando de *Rhapsody in Blue*

La note jouée au début de la phase, où le musicien utilise son conduit vocal en lieu et place d'un changement de doigté, est un si<sup>3</sup> à partir de  $t=5.5$  s. Le musicien finit l'exercice par un vibrato sur la note si<sup>4</sup> (à partir de  $t=10$ s).

On remarque que la fréquence de jeu évolue d'abord par paliers. Ceci correspond à un changement de doigté réalisé par le musicien. On y remarque, peu après  $t=5$ s, une augmentation considérable de la composante dynamique de la pression dans la bouche. Ceci s'accompagne, à partir de  $t=5,5$ s, d'une diminution drastique de la composante statique de la pression dans le bec. On remarque simultanément une augmentation continue de l'effort de la lèvre inférieure jusqu'à  $t=10$ s. La stabilisation de la note finale demande au musicien d'augmenter la pression dans la bouche ( $t=10$ s). Cela correspond à une faible augmentation de la dynamique de la pression dans le bec.

On peut donc considérer que lorsque le musicien fait intervenir le conduit vocal à  $t=5$ s, l'établissement de l'onde stationnaire ne se fait plus seulement dans le tube de la clarinette mais bien à l'intérieur du conduit. Moyennant certaines hypothèses, il est possible aussi de calculer le rapport entre l'impédance d'entrée de l'instrument et celle du conduit vocal.

Pour toutes ces expériences, il est nécessaire de s'affranchir de l'influence de l'air soufflé par le musicien, plus chaud et plus chargé en CO<sub>2</sub> que l'air ambiant et qui peut induire des écarts sur la fréquence de l'ordre de 25 cents. Le stage d'Hugo Coste Dombre dans le cadre de ce projet a porté principalement sur la mise au point des bords instrumentés et sur l'analyse des techniques d'adaptation.

#### Effet des tampons sur l'acoustique des instruments à trous latéraux

Parution d'un article issu des recherches entamées durant le projet ANR PAFI (Plateforme modulaire d'Aide à la Fabrication Instrumentale):

Les tampons, insérés à l'intérieur des clés, jouent un rôle important dans l'acoustique de cet instrument. Outre leur rôle de joint, puisque ces tampons viennent «s'écraser» sur le trou pour le boucher et éviter les fuites, les musiciens et facteurs pensent qu'ils ont une influence sur le timbre de l'instrument. En effet, très tôt dans l'histoire du saxophone, des «résonateurs» (comme les appellent les facteurs et les musiciens) apparaissent au niveau des tampons. Ce sont des petites rondelles faites de métal ou de plastique, positionnés au milieu du tampon.

Les «résonateurs» ont un effet mesurable sur l'acoustique du saxophone. Leur principal rôle est d'augmenter le coefficient de réflexion des tampons quand le trou est fermé. Ainsi, l'amplitude des pics d'impédance d'entrée du saxophone est augmentée de plusieurs dB par la présence de ces «résonateurs». Cet effet est d'autant plus visible que le nombre de trous fermés est important. Les mesures avec un musicien viennent confirmer ces résultats. En effet, le musicien a besoin, pour obtenir une même pression

au pavillon, de fournir une pression dans la bouche plus importante quand les tampons n'ont pas de «résonateur». Un autre rôle des «résonateurs» est d'amortir la vibration des tampons. Le «résonateur» est ainsi un «raidisseur». Il a aussi été observé que le centre de gravité spectral (en lien avec la brillance) du son rayonné à partir d'un saxophone sans «résonateur» est plus grand que pour un saxophone avec «résonateurs».

#### Développement sur la bouche artificielle robotisée

Le contrôle de l'impédance acoustique du conduit vocal lors du jeu pour les instruments à vent peut être un facteur important qui influence l'efficacité du processus de production du son comme nous l'avons vu pour la clarinette. Il en est de même pour les instruments à vent de type cuivres. En raison des caractéristiques complexes de l'oscillateur de type valve que sont les lèvres, les conditions pour lesquelles une résonance du conduit vocal peut favoriser le soutien de l'auto-oscillation, ne sont pas faciles à déterminer. Afin d'étudier cet aspect, une méthode expérimentale basée sur une approche de contrôle actif est appliquée à la bouche artificielle robotisée développée à l'Ircam afin de simuler l'influence d'une résonance du conduit vocal à la fréquence de jeu. En faisant varier les caractéristiques d'amplitude et de phase de l'impédance de ce conduit, l'influence acoustique de cette résonance sur les vibrations des lèvres et de la pression acoustique générée dans l'instrument a ainsi été étudiée. Les observations ont ainsi montré que les variations de différence de phase entre l'impédance en amont et en aval des lèvres provoquent des variations significatives de la fréquence de jeu.

#### Projet La Fabrique du sonore

Les écoles françaises à l'étranger (IFAO-EFA-EFR) ont mis en place un programme de recherche commun (2012-2016) qui porte sur les éléments constitutifs du paysage sonore dans les espaces urbains de la Méditerranée ancienne. Parmi les chercheurs liés à ce projet, historiens, chercheurs en sciences humaines, divers spécialistes des matériaux, des conservateurs de musées, organologues, facteurs d'instruments, archéomètres et musiciens, il manquait des acousticiens.

À la suite de leur rencontre en 2014, une collaboration s'est mise en place avec les différents chercheurs de ce programme de recherche qui s'est traduite en 2015 par une campagne de mesure sur les cornua et les cymbales de Pompéi dans les réserves du musée archéologique de Naples puis sur des instruments des collections du Louvre. L'objectif de notre participation consistait à apporter une expertise d'acousticiens sur le fonctionnement des instruments, l'analyse des sons et la réalisation de fac-similés virtuels par modélisation physique (logiciel Modalys).

Le cornu est un instrument à vent, long, tubulaire et métallique qui est incurvé autour du corps du musicien. Com-

paré à la perce des instruments modernes, il se rapproche plus du bugle que de la trompe de chasse ou de la trompette. Cinq cornua ont été étudiés, tous constitués de plusieurs fragments rassemblés arbitrairement au moment d'une restauration. Un des apports de l'étude a donc été de confirmer ou infirmer la vraisemblance des assemblages proposés par des analyses microstructurales et élémentaires ainsi que des relevés morphométriques. Cet aspect du projet a pu se faire grâce à une étroite collaboration entre le C2RMF et l'Ircam. À partir de ces relevés, un calcul de résonances a été effectué pour différents assemblages, nous permettant ainsi d'estimer les notes que l'on pourrait obtenir. Ces dernières sont déterminées par la perce à dominante conique des assemblages identifiés, dont la longueur développée peut varier entre 3,3 m et 3,9 m, et de l'embouchure associée.

Dans un deuxième temps, il a été possible de synthétiser les sons des différentes notes pour plusieurs assemblages. Cette reconstitution virtuelle ne permet pas cependant de lever l'interrogation concernant l'utilisation de ces cornua comme émetteurs de signaux ou comme instruments de musique.

Une étude spécifique a également été effectuée sur les fac-similés de ces instruments réalisés pour différents musées par le facteur d'instruments Victor-Charles Mahillon à la fin du 19<sup>e</sup> siècle.

Cette étude a nécessité des développements spécifiques pour le logiciel de synthèse sonore. Il est aujourd'hui facile pour des projets, scientifiques ou artistiques, de modéliser en éléments finis tout guide d'onde dont la géométrie est à symétrie de révolution. De plus, un démonstrateur permet de modifier en temps réel certains paramètres de jeu comme la pression de souffle ou les propriétés des lèvres (masse et raideur).

L'organisation de la 3<sup>e</sup> Table Ronde internationale sur La Fabrique du sonore qui portera cette fois sur l'artisanat des instruments de musique de l'antiquité a été décidée au cours de l'année. Cette Table Ronde se tiendra à Paris, en janvier 2016 et sera organisée par les institutions partenaires, Musée du Louvre, C2RMF, Ircam, UMR Proche Orient Caucase et la Fondation Hugo du Collège de France. Le stage d'Aurore Caquas, effectué dans le cadre de ce projet, a porté principalement sur le maillage de structures de différentes géométries.

### ■ Nouveaux instruments : réels et virtuels (projet SmartInstruments et synthèse par modélisation physique, logiciel Modalys)

#### Unité Projet Innovation SmartInstruments

L'Unité Projet Innovation SmartInstruments a abouti à la réalisation du système embarqué de contrôle actif de vibration COALA, ainsi que son logiciel. Ce système à latence très faible (entrée/sortie physique inférieure à 10 microsecondes) permet de tester expérimentalement les algorithmes de contrôle actif de vibration (contrôle modal,

filtrage adaptatif, inversion de phase). Basé sur un BeagleBone Black, il contient un préamplificateur, des convertisseurs analogique/numérique et numérique/analogique rapides et un amplificateur. Il peut accueillir en entrée des capteurs piézoélectriques ou électromagnétiques et en sortie des actionneurs électrodynamiques (pour le contrôle des instruments à cordes ou percussions) ou des haut-parleurs (pour le contrôle des instruments à vent). Les trois premières versions de COALA sont présentées dans la figure ci-après.

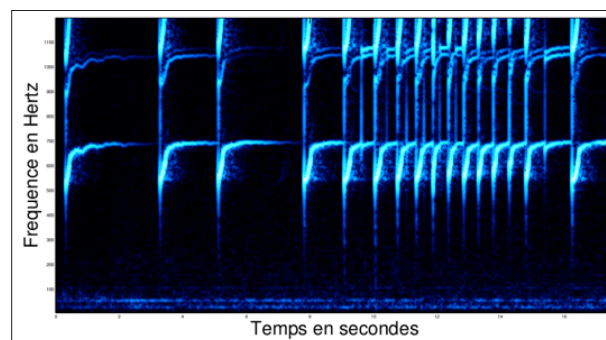


Les versions V0, V1 et V2 du COALA

Après une phase où la ligne de commande linux était la seule interface de contrôle du COALA (v1), de nombreux développements ont été réalisés en 2015 afin, notamment, de satisfaire la demande d'utilisation de COALA dans de nouveaux projets musicaux.

Deux interfaces ont ainsi été créées :

- une interface de type web accessible via n'importe quel navigateur ;
- une interface de type OSC accessible (principalement) via Max.

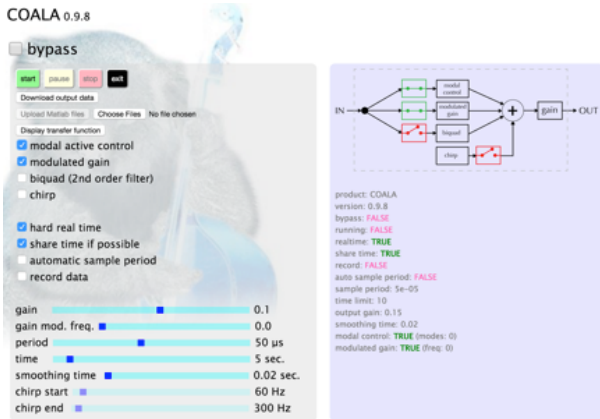


Interface web COALA v1

Dans le nouveau logiciel (0.9.4), deux serveurs dédiés peuvent ainsi tourner en parallèle : un serveur http et un serveur OSC (UDP/datagram). La boucle temps réel a été optimisée afin d'ouvrir une fenêtre de temps « non réel » dans laquelle les threads serveur opèrent dans la limite du CPU.

Chaque interface (web/OSC) offrent peu ou prou les mêmes fonctionnalités. Typiquement, l'interface OSC sera utilisée par les RIM dans le cadre de projets musicaux, et l'interface web par les chercheurs ou pour des démonstrations directes.

L'interface OSC a notamment été utilisée en production réelle lors de la pièce *Notturmo sulle le corde vuote* de Francesco Filidei (Phiharmonie de Paris, 15/01/2016) avec quatre COALA équipant le quatuor à cordes.

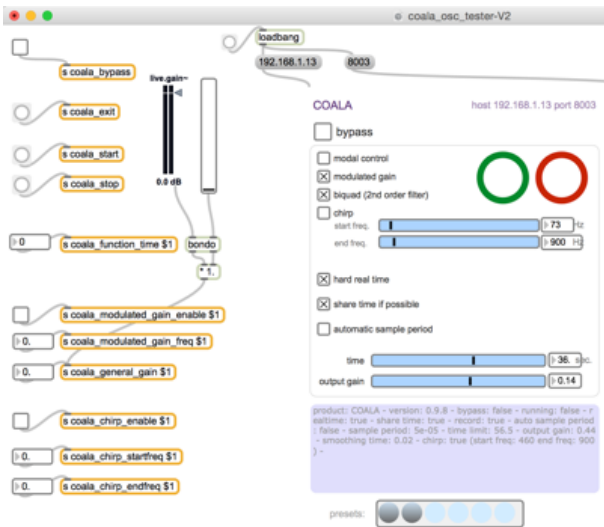


Interface OSC (Max) COALA v1

Contrôle actif d'un système dynamique avec prise en compte des non-linéarités

Thèse de M. Jossic, collaborations B. Chomette et C. Josserand, Institut d'Alembert, Paris

L'objectif de ce travail est d'étendre les résultats du projet Imarev au contrôle actif de la dynamique de résonateurs non linéaires. Cela implique évidemment de redéfinir le contrôle actif mais également les méthodes numériques utilisées pour concevoir et réaliser le contrôle.

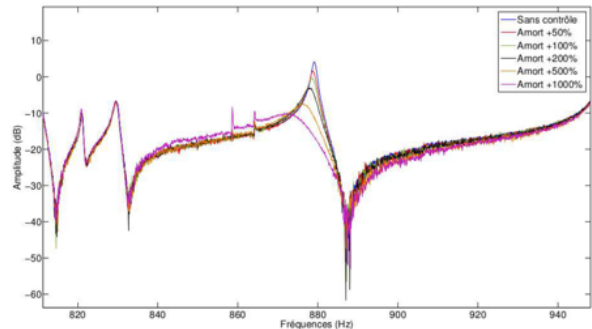


Spectrogramme de sons d'un gong d'opéra chinois frappé plusieurs fois

En effet, de nombreux comportements non linéaires sont retrouvés dans la dynamique des instruments de musique. Ces phénomènes sont à l'origine de la richesse de possibilités sonores dues à l'interaction du musicien avec son instrument. Les instruments de percussion sont parmi les exemples les plus connus, où la nuance de jeu modifie fortement le son obtenu. Par exemple, pour les gongs ou les cymbales, des sollicitations de faible amplitude font ressortir les fréquences propres des modes du système. Pour un niveau de sollicitation un peu plus élevé, des variations de fréquences vont apparaître (voir figure), ainsi que des

fréquences qui ne correspondent à aucun mode du système linéarisé. Enfin à forte sollicitation, des phénomènes chaotiques peuvent être observés.

Les premiers résultats ont consisté à étudier la dynamique de deux gongs, l'un avec une variation de fréquence ascendante et l'autre descendante. Une identification des paramètres dynamiques du gong a été réalisée tout d'abord dans le cadre linéaire. Un contrôle numérique puis l'expérience correspondante permettent de modifier l'amortissement des résonances (cf. figure).



Contrôle actif de l'amortissement d'un mode d'un gong d'opéra chinois

Ces premiers résultats vont permettre de déterminer les outils à utiliser pour étendre ce travail au cas non linéaire, aussi bien au niveau de l'identification des paramètres du modèle, que du contrôle.

Équipe-projet Systèmes et Signaux Sonores (S3)

David Roze participe à l'équipe projet S3 dirigée par Thomas Hélie [équipe Analyse et synthèse des sons]. Plusieurs actions de recherche sont effectuées dans ce cadre :

*Simulation d'un modèle de corde non linéaire écrit dans le formalisme des Systèmes Hamiltoniens à Ports*

Le calcul des interactions lors de simulations basées sur les noyaux de Volterra, pose des questions sur la passivité de la simulation. En effet, la simulation basée sur la série de Volterra tronquée ne préserve pas l'énergie. La question posée est donc à la fois, d'assurer la stabilité du schéma numérique, mais également, de bien modéliser la dissipation d'énergie due aux différents phénomènes d'amortissement, qui se révèle indispensable dans le cadre de la synthèse sonore.

Les Systèmes Hamiltoniens à Ports (SHP) constituent un élément central de la simulation numérique à passivité garantie. Le système physique considéré est écrit en représentation d'état et sa variation d'énergie peut s'écrire en fonction de trois termes représentant les échanges de puissance entre les éléments stockants du système, les éléments dissipatifs et l'extérieur (entrée/sortie). Le modèle de corde non linéaire de Kirchhoff-Carrier a été réécrit sous forme de SHP. La simulation de ce système basée sur une discrétisation préservant la passivité est en cours de réalisation.



#### *Estimation des noyaux de Volterra d'un système à non-linéarités régulières*

Dans le cadre de la représentation source/filtre et de son extension à des systèmes non linéaires, l'identification d'un système réel consiste à déterminer ses réponses impulsionnelles généralisées (noyaux de Volterra). Un travail pour le cas de systèmes mono-entrée/mono-sortie faiblement non linéaires a été initié par Damien Bouvier dans le cadre de sa thèse sur « L'analyse, la transformation et la synthèse expressive de sons par représentation source/filtre et systèmes à non-linéarités régulières ».

Connaissant la structure générale de simulation basée sur les noyaux de Volterra, l'expression de ces noyaux fait apparaître des combinaisons de sommes, produits et convolutions. Une classe de signaux d'excitation basée sur les propriétés de ces combinaisons est en cours d'élaboration afin de construire une méthode d'identification.

#### *MorphoVoice*

Le module Mécatronique de 2<sup>ème</sup> année de l'École des Mines de Paris, consiste pour les étudiants à concevoir et réaliser (en collaboration avec des étudiants de BTS, électronique, mécanique et communication) un système mécatronique répondant au cahier des charges fourni par un client. L'équipe-projet S3 est cliente du projet Voicetronics qui consiste en la reproduction d'un système de production de la voix humaine.

À l'occasion de rendez-vous réguliers à l'École des Mines durant l'après-midi consacré au projet, nous répondons aux questions des étudiants et validons les choix proposés par ces derniers. En juin 2015, un prototype a été présenté par les étudiants, avec pour objectif de simuler les poumons, le larynx, le conduit vocal déformable et la mâchoire.

#### Géométrie différentielle et mécanique

Dans une expérience virtuelle 3D, la dimension sonore permet d'augmenter considérablement la capacité d'immersion mais elle peut également apporter d'autres informations comme par exemple des événements hors du champ visuel ou occultés. La génération de sons par synthèse physique a démontré depuis longtemps son immense potentiel pour coller de plus près à la réalité. Cependant, l'obtention d'une bonne qualité du rendu sonore reste un défi technologique car la synthèse doit se faire en temps réel et souvent pour des scènes complexes multi-sources. Le sujet de thèse de F.-A. Baugé est lié à la problématique de la géométrie différentielle. En effet, synthétiser des sons par modèles physiques amène à résoudre des équations différentielles qui, de par la présence de non-linéarités dans certains cas, sont difficiles à résoudre. La géométrie différentielle est une des possibilités pour mieux appréhender les phénomènes étudiés car elle permet d'aller à l'essentiel en ne conservant que leurs quantités intrinsèques.

Les avancées de ce travail au cours de l'année 2015 concernent le travail de thèse de F.-A. Baugé avec article en soumission et le montage de projet (GASS) et réseau (MRSEI) dédiés aux méthodes géométriques et aux calculs numériques.

#### *Re-soumission du projet GASS à l'ANR (conjointement avec l'Institut de Mathématiques de Jussieu (IMJ-PRG))*

Le projet GASS vise le développement de nouvelles techniques pour la synthèse sonore temps réel de haute précision. Dans ce contexte, les approches computationnelles directes ne sont pas efficaces à cause de la complexité inhérente aux sons musicaux. En considérant la géométrie sous-jacente des systèmes dynamiques, les phénomènes sont compris en profondeur. Décrits de manière intrinsèque (indépendamment du système de coordonnées), des objets peuvent ainsi être simulés par des méthodes numériques efficaces. De plus, pour réduire le temps de calcul, il est prévu de développer des méthodes géométriques basées sur un processus général de réduction/reconstruction, en utilisant les propriétés structurelles principales des objets : symétrie et modularité. Cette analyse conceptuelle sera développée en visant des applications à d'autres domaines.

#### *Montage du réseau MRSEI*

La proposition UMN vise à étendre un réseau déjà existant et initié par le colloque « Unfold Mechanics for Sound and Music » organisé à l'Ircam en septembre 2014. Depuis lors, d'autres éminents experts ont rejoint le consortium et un comité international a été contacté dans l'idée de déposer une demande de subvention dans le cadre du programme européen pour la recherche et l'innovation (Horizon 2020, FETHPC). L'instrument MRSEI de l'ANR permettra à ce réseau européen d'obtenir les moyens de développer des recherches en utilisant les méthodes géométriques en mécanique et en théorie du contrôle dans le challenge HPC (High Performance Computing).

Ces méthodes géométriques, utilisées pour construire de solides schémas numériques, seront appréhendées selon deux directions principales : symétrie et modularité. D'une part, le théorème de Noether permettant de relier symétries et quantités conservées, fournit les bases des méthodes de réduction. D'autre part, l'approche par systèmes hamiltoniens à port est particulièrement bien adaptée pour traiter les systèmes complexes par un assemblage modulaire garantissant les propriétés physiques de l'ensemble. Ces deux approches peuvent considérablement réduire les temps de calcul et minimiser les échanges de données permettant ainsi d'améliorer les performances du calcul parallèle.

Fondé sur un réseau déjà existant d'experts internationaux, le réseau UMN a été rejoint par l'ICS (plateforme à l'UPMC dédiée au calcul haute performance) et par un partenaire industriel (THALES). L'instrument MRSEI participera donc

à faire coopérer mathématiciens, ingénieurs, informaticiens et leader industriel dans le challenge HPC mis en avant par la Commission Européenne.

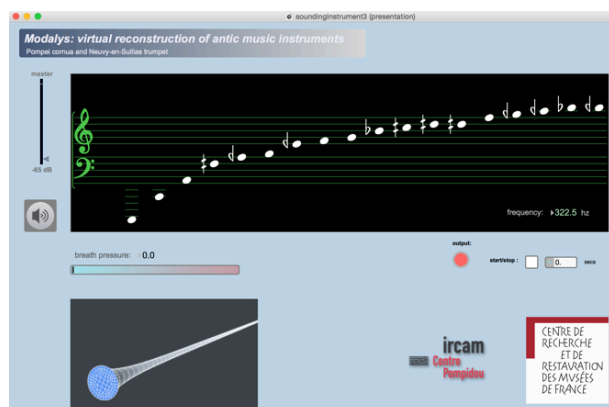
#### Logiciel Modalys

Basé sur des modèles physiques décrits par la théorie modale, Modalys est un environnement logiciel permettant de créer des instruments virtuels et de les jouer, notamment en temps réel.

#### Éléments finis (3D)

Dans le cadre de la collaboration avec le C2RMF (Centre de Recherche et Restauration des Musées de France), une « chaîne de fabrication » d'instruments virtuels de type cuivre naturel a été élaborée, en utilisant les environnements Matlab et Max MSP dans lesquels Modalys s'interface :

- profil de perce provenant des mesures archéologiques (cornua de Pompeï, trompe de Neuvy-en-Sullias) ;
- modélisation de l'intérieur du tube à partir d'un profil donné, avec précision accrue au voisinage du pavillon et de l'embouchure ;
- réduction du modèle par moyennage sur les points de chaque section ;
- ouverture du pavillon par imposition d'une pression nulle ;
- détermination des fréquences de résonance par transformée de Fourier ;
- instanciation de modèle final dans Max MSP à partir des paramètres précédents ;
- représentation des partiels, et jeu à partir d'un clavier MIDI par contrôle simple de la pression et de la fréquence des lèvres.



Interface utilisateur pour jeu de cornus virtuels

Ce processus, initié lors d'un stage d'ingénieur (mai-août 2015), a fait l'objet de deux applications :

- présentation au colloque « la Fabrique du sonore » le 15 janvier 2016 avec l'exemple des cornua de Pompeï ;
- utilisation dans les esquisses de la nouvelle pièce symphonique de Marco Stroppa, avec des profils de perces atypiques.

Il est prévu de généraliser ce processus pour une livraison publique de Modalys (2016) pour étoffer la *Modalys for Max Instruments Series* commencée en 2014 avec les percussions.

#### Environnement Matlab

Modalys pour Matlab a été mis à jour. À présent, toutes les commandes se présentent sous un « espace de nom » convivial : `modalys.make_object(...)`, `modalys.run()` etc. De nombreux bugs ont été corrigés dans l'environnement Matlab.

## ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	4	Revue à comité de lecture	2	Nationaux et régionaux	6	ARI-ÖAW (AUT) Ben Gurion University (ISR) CNSMDP (FR) CNES (FR) France-Télévision (FR) IEM – Graz (AUT)	O. Neuwirth
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	5	Conférences avec comité de sélection	16	Internationaux	1	Hôpital Universitaire de Zurich (CH) IRBA (FR) LIMSI (FR) ORANGE (FR) RWTH Aachen (D)	
Doctorants	5	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels	4		
Stagiaires		Thèses de doctorat et HDR					

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-.

Le volet de recherche consacré à l'analyse-synthèse de champs sonores a franchi des étapes décisives en 2015. Après un travail consacré à l'optimisation des réseaux sphériques de microphones [Chardon 2015], une importante étude théorique a été dédiée à l'analyse des propriétés des systèmes MIMO (Multiple-Input/Multiple-Output) basés sur la combinaison de réseaux sphériques de microphones et de haut-parleurs et utilisés pour la mesure de réponses impulsionnelles de salle spatialisées. Cette étude a permis de caractériser de manière détaillée l'influence de différentes sources d'erreurs liées à l'utilisation conjointe de ces réseaux et débouche sur des préconisations pour leur conception [Morgenstern2015a-b]. Ce travail théorique, objet de différentes collaborations scientifiques (Supelec, Université Ben Gurion), a été suivi d'un volet expérimental mené en collaboration avec le RWTH d'Aachen.

Ces travaux sont également liés au développement du moteur de réverbération hybride combinant un réseau de retards rebouclés et un processus de convolution avec des réponses impulsionnelles spatialisées. Ils se sont concrétisés

en 2015 sous forme d'une importante aide au projet de création de la compositrice Olga Neuwirth et d'une collaboration renforcée avec le département Production à travers le développement d'un environnement générique de mixage Panoramix (cf. section Logiciels). Plus généralement, un effort particulier de communication des derniers développements de l'équipe a été réalisé en 2015 en direction de la communauté musicale et de l'ingénierie audio à travers la rédaction d'articles de conférence [Carpentier2015a-e, Baskind2015] et l'organisation de la conférence inSonic à Karlsruhe.

Pour le volet consacré à la reproduction binaurale, les principales actions sont menées dans le cadre du projet national BiLi qui vise le déploiement à large échelle de solutions de diffusion de contenus sonores spatialisés sur casque. En 2015, un travail a été initié sur un modèle de prédiction de la localisation perçue avec des fonctions de transfert d'oreille (HRTFs) non individuelles. Il s'appuie sur des tests de localisation opérés avec un protocole précédemment validé [Bahu2016] et devrait déboucher sur une méthode d'individualisation basée sur l'observation des performances de localisation d'un auditeur écoutant des stimuli spatialisés avec des HRTFs quelconques. Un second axe de recherche est consacré à une méthode d'individualisation recourant à des enregistrements binauraux effectués en conditions non contrôlées : sources quelconques, milieu réverbérant, sujet en mouvement. Cette méthode présente une alternative prometteuse à la mesure en chambre anéchoïque impossible à mettre en œuvre à grande échelle. L'ensemble de ces travaux tire parti de la mise en place récente d'un serveur OpenDAP permettant un accès unifié aux bases de données de HRTFs selon le standard SOFA adopté en 2015 [Majdak2015].

La généralisation des dispositifs mobiles invite à réfléchir à la diffusion sonore spatialisée s'appuyant sur un réseau constitué par les téléphones mobiles du public. Dans un tel réseau, on peut imaginer que la diffusion spatiale ne soit plus supervisée de manière centrale mais procède de mécanismes de propagation. Le réseau spatial des mobiles constitue le médium de propagation. En 2015, de premiers scénarii d'usage de spatialisation distribuée ont été testés. Ils requièrent cependant la maîtrise de la synchronisation des horloges audio des différents composants du réseau. Un travail a été consacré à cette question [Lambert 2016] et les solutions apportées ont été prises en considération pour l'évolution du standard Web Audio API.

En 2015, le volet consacré à la cognition s'est diversifié avec, d'une part, l'approfondissement de l'étude sur les esquisses auditives, des recherches sur les interactions entre corps, audition et espace (notamment liens entre intégration multi-sensorielle et émotion) et, d'autre part, l'initiation d'une étude du rôle de la boucle auditivo-motrice sur l'alignement de comportements sociaux.

L'étude sur les esquisses auditives vise à caractériser les indices primordiaux pour la reconnaissance de sons naturels. Son objectif est d'aboutir à des méthodes de simplification des sons permettant de limiter la surcharge cognitive lors de l'immersion dans un environnement virtuel sonore et visuel. La méthodologie repose sur des tâches d'identification de sons naturels dont la représentation temps-fréquence est filtrée de sorte à n'en conserver que certains traits. En 2015, on s'est intéressé en particulier à la dimension temporelle de la reconnaissance.

Les travaux sur les liens entre intégration multi-sensorielle et émotion se sont poursuivis autour de l'exemple de l'évaluation du ressenti émotionnel évoqué par une foule. L'étude a montré que le ressenti négatif chez les sujets sensibles à la peur de la foule est amplifié dans le cas d'une présentation visuo-auditive comparativement à une présentation uniquement visuelle ou uniquement auditive [Taffou2015]. Pour préciser ces observations, un travail a été initié pour évaluer l'estimation de la numérosité d'une foule selon la modalité sensorielle sollicitée.

L'étude consacrée à la contribution des interactions auditives, visuelles et vestibulaires sur la sensation du corps propre, effectuée dans le cadre de campagnes de vols paraboliques avec le soutien du CNES a fourni ses premiers résultats à l'issue d'une première série expérimentale étagée sur les années 2014 et 2015. Ces résultats suggèrent une modulation de l'ancrage de référence du corps propre selon les situations en normo-gravité et micro-gravité et en présence ou absence d'informations visuelles.

En 2015, un nouvel axe de recherche a été initié dans le cadre d'une thèse autour du lien entre audition, motricité et comportement social. Plus particulièrement, il s'agit d'étudier les conditions dans lesquelles différents individus alignent spontanément leurs mouvements dès lors que ceux-ci s'accompagnent d'un retour auditif. L'une des questions en jeu est de comprendre si cet alignement répond ou non à des mécanismes de bas niveau et ce quelles que soient la nature de l'action réalisée et l'intention des acteurs. Cette question renvoie naturellement au contexte d'une performance musicale ou chorégraphique.

#### ■ Analyse/synthèse de champ sonore

Optimisation MIMO et analyse de champ sonore par réseaux sphériques de microphones et de haut-parleurs  
*Collaborations: Hai Morgenstern, Boaz Rafaely (Ben Gurion University of the Negev)*

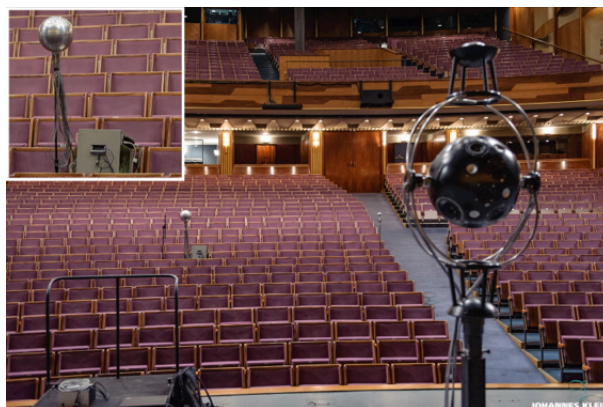
Le recours aux réseaux de transducteurs se montre avantageux dans de nombreuses applications comparativement aux systèmes basés sur un transducteur unique. L'utilisation de réseaux sphériques de microphones SMA (pour Spherical Microphone Array) pour l'analyse du comportement acoustique des salles a récemment fait l'objet de plusieurs publications. Ces études se focalisent généralement sur la localisation des sources sonores ou sur l'extraction d'indices objectifs de la qualité acoustique de la salle à partir de la mesure de réponses impulsionnelles spatialisées DRIR (pour Directional Room Impulse Response). De même, des réseaux sphériques de haut-parleurs SLA (pour Spherical Loudspeaker Array) sont utilisés pour contrôler la directivité de la source. En acoustique des salles, ils permettent d'exciter de manière privilégiée tel ou tel régime de réflexions et de circonscrire l'analyse de la salle en fonction de la directivité et de l'orientation de la source. Plus récemment, les dispositifs de mesure MIMO (Multiple-Input/Multiple-Output) combinant les deux types de réseaux ont été introduits pour préciser les propriétés spatiales du champ sonore dans la salle. Dans ce travail, nous nous sommes attachés au développement d'un cadre théorique pour l'analyse des propriétés des systèmes combinant les SMA et SLA de sorte notamment à maximiser leur plage de validité fréquentielle commune. Un tel système MIMO est en effet sujet aux erreurs liées au repliement spatial sur chacun des deux réseaux (respectivement capture et émission de fréquences spatiales parasites). D'autres sources d'erreurs interviennent en raison de l'écart par rapport à leur modèle théorique respectif (e.g. placement des transducteurs, hypothèse de sphère rigide, rapport signal sur bruit des transducteurs, etc.). En partant d'une hypothèse de champ libre, le modèle MIMO facilite l'analyse des erreurs tant individuelles que conjointes et permet de dériver des critères d'erreur en énergie. Une étude paramétrique a été menée sur la dépendance de ces erreurs en fonction des caractéristiques du réseau sphérique de

microphones et du réseau sphérique de haut-parleurs. Cette étude a abouti à des préconisations de conception des réseaux de sorte que les plages de fréquence dans lesquelles ils opèrent se recouvrent de manière optimale. L'analyse de plusieurs exemples de conception démontre la supériorité des systèmes correctement appariés pour la mesure des réponses impulsionnelles spatialisées (Morgenstern, Rafaely et Noisternig, soumis). Un prototype de système MIMO a été développé selon ces principes et exploité pour la mesure de salle.

#### Caractérisation MIMO du champ sonore mesuré avec des réseaux sphériques de microphones et de haut-parleurs

*Collaborations : Johannes Klein, Marco Berzborn, Gottfried Behler (RWTH Aachen), Hai Morgenstern, Boaz Rafaely (Ben Gurion University of the Negev), Edwin Pfanzagl-Cordone (Salzburg Festival)*

Les réponses impulsionnelles de salles MIMO (MIMO-RIR pour MIMO Room Impulse Response), mesurées en combinant des réseaux sphériques de haut-parleurs et de microphones permettent d'enrichir l'analyse des propriétés acoustiques d'une salle. Un prototype de système MIMO, dérivé de l'étude mentionnée ci-dessus, a été utilisé pour mesurer des réponses impulsionnelles 3-D en différents points d'écoute et pour différentes configurations du Großes Festspielhaus de Salzburg (figure ci-après). Le prototype de réseau sphérique de microphones (SMA), développé à l'Ircam, consiste en une sphère rigide ( $\text{Æ}$  25cm) équipée de 64 capsules électret de haute qualité (Sennheiser KE4) distribuées selon une grille dite d'hyper-interpolation (Sloan and Womersley, 1998). Il permet de mener une décomposition du champ sonore capté jusqu'à l'ordre 7 des harmoniques sphériques. Le réseau sphérique de haut-parleurs, développé au RWTH d'Aachen, est constitué de 28 transducteurs, répartis en trois bandes de fréquences et distribués sur une sphère rigide ( $\text{Æ}$  40cm) montée sur une table tournante. Pour une élévation donnée, les rotations successives de la sphère permettent d'engendrer une grille gaussienne d'ordre 11. En combinant deux élévations différentes, on peut approximer une grille gaussienne d'ordre 23, au prix cependant d'un accroissement du temps de mesure. Pour nos mesures, la grille d'ordre 11 a été utilisée et repose sur vingt-quatre rotations de la table. Compte tenu de la séparation en trois bandes de fréquence, chaque réponse impulsionnelle MIMO mesurée consiste en une matrice de  $672 \times 64$  réponses élémentaires. Les données recueillies feront l'objet d'une étude dont l'objet est d'enrichir les paramètres acoustiques et perceptifs couramment utilisés en acoustique des salles.



*Caractérisation MIMO du champ sonore au Großes Festspielhaus de Salzburg. Au premier plan : le réseau sphérique de haut-parleurs monté sur une table tournante. En haut, à gauche : zoom sur le réseau sphérique de 64 microphones développé à l'Ircam. (Crédit photographique Johannes Klein)*

#### Mesures de réponses impulsionnelles spatialisées

*Collaborations : Angelo Farina, Università di Parma, Fábio Leão Université de São Paolo*

En parallèle à ces travaux, des mesures plus conventionnelles de réponses impulsionnelles spatialisées ont été réalisées en collaboration avec l'université de Parme en Italie, et l'université de São Paolo au Brésil, dans le cadre d'un financement de la FAPESP. La procédure de mesure s'appuyait sur un haut-parleur sphérique développé à l'université de Parme. Ce haut-parleur comporte un transducteur unique qui peut être piloté en rotation selon deux axes. Les rotations successives du haut-parleur permettent de reconstruire virtuellement une source à directivité contrôlée. La captation était réalisée par un microphone sphérique Eigenmike®. Les mesures ont été réalisées dans un ensemble de salles en France, Belgique et Italie. Elles ont été ensuite exploitées dans le cadre d'un test d'écoute visant à comparer différentes méthodes de rendu. Des instrumentistes d'un quatuor à vents ont été enregistrés successivement en chambre anéchoïque. Leurs signaux respectifs ont ensuite été convolués avec les jeux de réponses impulsionnelles spatialisées de sorte à simuler la directivité des instruments et leur emplacement sur scène. La restitution était réalisée sur un dispositif hémisphérique de 24 haut-parleurs.

#### Exploitation des algorithmes de réverbération hybride dans le cadre de la création d'Olga Neuwirth

La création *Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie* de la compositrice autrichienne Olga Neuwirth transporte les auditeurs à Venise, dans sa lagune et dans l'église San Lorenzo. Olga Neuwirth fait référence à l'œuvre *Prometeo* de Luigi Nono, poursuivant l'idée d'un espace modulable. Elle cherche à réaliser sa vision d'une « arche de rêve au travers de l'espace et du temps » : un espace sonore modulable, parfois immersif, évolutif et mouvant. Cette création a fourni l'occasion d'une mise en application des travaux sur la mesure de réponses impulsionnelles tri-

dimensionnelles et leur exploitation dans les algorithmes de réverbération hybride.

Pendant plusieurs décennies, les processeurs numériques de réverbération ont été principalement basés sur les réseaux de retard rebouclés qui représentent un moyen efficace pour contrôler la distribution des premières réflexions et les propriétés statistiques de la réverbération. Leur architecture permet un contrôle versatile travaillant, soit sur des descripteurs bas niveau (e.g. densité d'échos, taux de décroissance, etc.), soit sur des descripteurs perceptifs de haut-niveau (e.g. présence de la source, enveloppement, réverbérance, etc.). De nos jours, la plupart des réverbérateurs optent pour une approche par convolution exploitant une collection de réponses impulsionnelles (RIR) mesurées dans des salles de spectacles ou divers lieux. Ces processeurs offrent des possibilités de contrôle limitées à l'enveloppe temporelle des RIR, et accordent peu d'attention au contrôle spatial. Au cours des années précédentes, nous avons développé un environnement d'analyse-synthèse des réponses impulsionnelles spatialisées (DRIR) mesurées avec des réseaux sphériques de microphones. L'analyse résulte en une représentation temps-fréquence-espace des DRIR de laquelle peuvent être extraits divers descripteurs acoustiques ou perceptifs.

Pour la création et la représentation de cette œuvre, un système Ambisonique était installé pour reconstruire virtuellement l'acoustique de l'église San Lorenzo, gravée dans des réponses impulsionnelles 3D. Ces réponses ont été captées pour un grand nombre de positions dans l'église avec un réseau sphérique de microphones. Cependant, l'acoustique de la salle de concert ne peut en aucun cas être totalement effacée par le dispositif électroacoustique. Elle est, plus précisément, augmentée par l'empreinte acoustique de l'église vénitienne. Olga Neuwirth compose avec cet espace sonore virtuel et joue avec l'ambiguïté sonore de ces espaces acoustiques concurrents. Les sons des instruments sont également captés en temps réel, traités, et restitués à différents endroits de la salle. Ils sont parfois positionnés dans l'espace acoustique de l'église avec ses réverbérations très claires et peuvent se déplacer sur des trajectoires choisies par la compositrice.

### ■ Technologies binaurales

Le projet collaboratif BiLi (Binaural Listening), coordonné par France Télévisions, vise le déploiement de solutions grand public pour l'accès aux contenus sonores spatialisés via une écoute binaurale. Les principaux enjeux de notre implication dans le projet concernent l'étude de méthodes d'individualisation des fonctions de transfert d'oreille (HRTFs), la modélisation des performances de localisation en présence d'HRTFs individuelles ou non, la définition et la promotion d'un format standard pour l'échange des HRTFs.

### Modélisation de la localisation perçue avec des HRTFs non individuelles

Dans la première partie de ce travail de thèse, une étude comparative sur les méthodes de pointage pour le report de la localisation auditive avait été menée sous forme d'un test de localisation sur sources réelles [Bahu2015]. Une des méthodes de pointage testées, appelée « méthode proximale », a montré certains avantages liés au fait qu'elle n'implique pas les mouvements du corps mais uniquement ceux des bras autour de la tête. Cette méthode sera appliquée dans le cadre des prochains tests de localisation sur casque d'écoute et destinés à la validation d'un modèle de prédiction de la localisation de stimuli restitués avec des fonctions de transfert d'oreille (HRTF pour Head-Related Transfer Functions) individuelles et non-individuelles. L'objectif est de déterminer dans quelle mesure nous sommes capables de prédire la direction perçue à partir de la connaissance des HRTFs présentées à l'auditeur, de ses propres HRTFs et du biais de pointage moyen lié à la méthode de report.

Ce travail s'inspire d'une étude récente réalisée avec des HRTFs individuelles [Baumgartner 2014] mais en étend le principe aux HRTFs non individuelles. L'hypothèse sous-jacente du modèle est que le sujet s'oriente dans la direction suivant laquelle sa paire d'HRTFs associée ressemble le plus à celle présentée. La prédiction de localisation repose donc sur une mesure objective de similarité entre les indices de localisation (à la fois monauraux/spectraux et inter-auraux) contenus dans les HRTFs délivrées au casque et l'ensemble des HRTFs de l'auditeur. Plus la ressemblance est grande, plus la probabilité que le sujet perçoive le son dans cette direction est importante. Cependant, la définition d'une mesure de similarité entre HRTFs n'est pas triviale et a fait l'objet de nombreuses études [Nicol et al. 2006 ; Lee et Lee 2011]. Nous souhaitons donc, à travers ce modèle, évaluer la pertinence perceptive d'un ensemble de métriques sur la base des performances de prédiction obtenues.

Si ce modèle s'avère performant, nous pourrions alors l'utiliser de manière inverse pour la sélection guidée d'HRTFs dans le cadre du problème de l'individualisation : à partir des données expérimentales de localisation d'un nouvel auditeur à l'écoute d'un ensemble d'HRTFs quelconques, l'enjeu devient de sélectionner le jeu d'HRTFs d'une base donnée capable de prédire au mieux les tendances de localisation observées.

### Estimation des HRTFs individuelles en conditions non supervisées

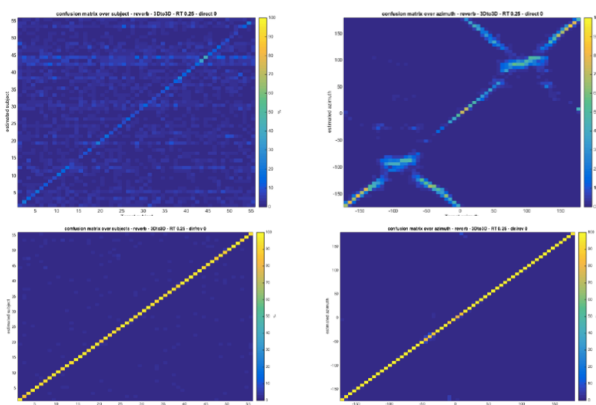
Les systèmes de spatialisation sonore binaurale sont basés sur l'utilisation de filtres modélisant les transformations que subissent les ondes sonores par effet de diffraction des oreilles, de la tête et du torse de l'auditeur. Ces filtres, dénommés HRTFs (Head Related Transfer Functions) sont propres à la morphologie de chaque individu. Lors

d'une synthèse binaurale, l'utilisation d'HRTFs non adaptées peut provoquer des artefacts perceptifs tels qu'un défaut de localisation et de timbre. Cependant, l'acquisition d'HRTFs individuelles nécessite un processus long et complexe reposant en particulier sur des mesures en chambre anéchoïque. De nombreux travaux de recherche sont menés afin de s'affranchir de la mesure en conditions contrôlées et proposent des solutions alternatives, moins coûteuses en temps et en matériel et adaptées à une utilisation grand public.

Dans ce travail, la méthode d'individualisation des HRTFs proposée se base sur l'analyse d'enregistrements binauraux du sujet effectués dans un environnement non contrôlé (milieu réverbérant, sources acoustiques et signaux quelconques, directions de captation parcimonieuses, sujet et sources en mouvement). À partir de ces enregistrements on tente d'identifier le jeu d'HRTFs le plus proche au sein d'une ou plusieurs bases de données publiques d'HRTFs mesurées en condition anéchoïque.

L'identification du jeu d'HRTFs le plus proche repose sur une métrique dérivée du modèle de localisation auditive par égalisation-annulation (EC : Equalization-Cancellation). Ce principe consiste à trouver dans le signal enregistré, et à chaque instant le retard interaural de phase ou d'enveloppe et le gain interaural qui minimisent un terme d'erreur résiduelle entre les signaux gauche et droit.

L'indice de décision est établi à partir de la recherche du couple d'HRTFs de la base de données dont les paramètres interauraux de retard et de gain permettent d'approcher au mieux cette erreur résiduelle. Les paramètres EC de la base de données de recherche sont estimés hors ligne. La HRTF optimale, relative à un sujet et à une direction, permet d'estimer le sujet le plus proche et la direction du signal source.



Performances d'estimation de la direction de la source et du sujet pour une source statique avec un rapport D/R de 0dB.

À gauche : matrice de confusion du sujet (sujet estimé vs sujet réel).

À droite : matrice de confusion de la direction de la source (azimut estimé vs azimut réel).

En haut : estimation sur l'ensemble du signal.

En bas : estimation restreinte à la fenêtre d'analyse présentant l'indice de décision le plus fiable.

Pour le processus d'évaluation, nous avons utilisé la base de données de HRTF BILI qui contient les HRTFs de 56 sujets mesurés selon 1680 directions. L'algorithme proposé est évalué en utilisant des sources statiques et mobiles. Pour le cas des sources statiques, un signal de parole de 3 secondes est convolué avec des réponses de salles synthétiques composées d'un trajet direct et d'un champ diffus en variant le temps de réverbération et le rapport entre les niveaux du son direct et du champ réverbéré (D/R). Les HRTFs sont choisies parmi tous les sujets de la base de données BiLi pour 60 directions. L'algorithme présente de bonnes performances en estimation des sujets et localisation de sources dans le cas de sources statiques et pour des rapports D/R positifs. Des confusions avant-arrière apparaissent quand ce rapport devient négatif. Ceci peut être cependant amélioré par une analyse à court terme du signal binaural enregistré et par une sélection automatique de la fenêtre temporelle présentant l'indice de décision le plus fiable (figure ci-dessus).

Pour le cas d'un sujet ou de sources en mouvement, nous utilisons conjointement des situations simulées avec la librairie Spat- et des enregistrements binauraux réels effectués sur des sujets de la base BiLi et dans des environnements faiblement réverbérants. Les résultats préliminaires sont prometteurs mais nécessitent l'ajustement fin des paramètres de l'algorithme.

#### Format d'échange des HRTFs

Issu d'une collaboration internationale [Majdak et al. 2013], le format SOFA (Spatially Oriented Format for Acoustics) permet le stockage et l'échange de données acoustiques spatiales telles que des HRTFs ou des réponses impulsionnelles spatialisées (DRIR). En 2015, le format a été approuvé par le comité de standardisation de l'AES (Audio Engineering Society) [Majdak2015]. Outre la convention SimpleFreeFieldHRIR initialement prévue par le standard, une convention SimpleFreeFieldSOS a été élaborée et validée par le comité de pilotage SOFA. Cette dernière permet la représentation de données HRTF modélisées sous forme de filtres biquadratiques en cascade.

Afin de favoriser l'adoption du standard par la communauté scientifique et industrielle, une bibliothèque d'interface de programmation (API) a été développée puis publiée (<http://sourceforge.net/projects/sofacoustics/>). Le Spatialisateur s'interface avec cette bibliothèque, garantissant une intégration transparente du format dans tous les objets concernés.

Par ailleurs, le format SOFA est compatible avec le protocole d'accès réseau OPeNDAP qui permet de recueillir des requêtes à distance et de renvoyer les données sous forme structurée et documentée (XML, JSON, etc.). Un serveur OpenDAP (basé sur Hyrax) a été déployé sur les serveurs de l'Ircam. Il héberge les bases de données HRTF issues des différentes campagnes de mesures menées à

l'Ircam (Listen, Crossmod, BiLi) et près de 2000 fichiers sont actuellement accessibles. Des modules de recherche assistée ont été développés dans les environnements Max et WebAudioAPI.

### ■ Spatialisation distribuée

La généralisation du standard HTML5 avec la Web Audio API, dans la majorité des navigateurs, mobiles ou non, rend aujourd'hui possible le déploiement massif d'applications distribuées de rendu audio en temps réel, sous la forme de simples pages web. Mais de grandes disparités existent entre les appareils. Les mesures effectuées lors de la Web Audio Conference tenue en janvier 2015 à l'Ircam, montrent notamment des différences temporelles de l'ordre d'une demi-seconde. Une telle disparité ne permet pas un rendu cohérent s'appuyant sur un ensemble de dispositifs mobiles. Dans le cadre du projet CoSiMa, une recherche sur la synchronisation a donc été menée. Elle concerne, d'une part, la synchronisation des horloges audio, selon un mécanisme similaire au Network Time Protocol (NTP) qui est utilisé par des millions d'appareils, une autre partie concerne la calibration des appareils afin que le son audible soit perçu simultanément. Une implémentation a été entièrement réalisée en respectant strictement les standards, ce qui la rend disponible pour une grande variété d'appareils, même les moins performants, à condition qu'ils disposent d'un navigateur. Les mesures entre les appareils utilisant cette solution montrent une déviation standard entre 1 et 5 millisecondes, ce qui correspond à la limite de perception d'événements simultanés.

Un article a été soumis et accepté pour la prochaine Web Audio Conference en 2016 [Lambert 2016]. D'autre part, les solutions et limitations trouvées sont également reportées et considérées pour l'évolution du standard Web Audio API, dont le World Wide Web Consortium (W3C) est en charge.

La synchronisation fait maintenant partie intégrante de la plateforme de développement de CoSiMa et a permis la réalisation de plusieurs prototypes basés sur des ordonnancements distribués utilisant un temps de référence : shaker permettant de jouer des sons toujours en rythme, séquenceur collectif, etc.

Une autre recherche est également en cours concernant la propagation virtuelle de signaux sonores sur plusieurs appareils. En effet, il est intéressant d'utiliser à la fois leur puissance de calcul et leur haut-parleur intégré. Une fois ceux-ci positionnés et synchronisés, il est possible de calculer et générer une réverbération distribuée dans l'espace, point à point. Un prototype reprenant la métaphore de la forêt a été développé, chaque utilisateur jouant le rôle d'un arbre : à tour de rôle un utilisateur lance un son, qui est attrapé par un autre. C'est un nouveau point d'émission, qui va rebondir sur les autres, qui eux-mêmes rebondissent...

jusqu'à rapidement produire des milliers de rebonds. Ce qui correspond à une réverbération dans l'espace, uniquement à partir des échos localisés et multiples. Ce travail se base sur la synchronisation et développe des stratégies de distribution de calcul et de rendu.

### Projet 3DR3

Dans le cadre de l'Unité Projet Innovation 3DR3 (3D Room impulse Response Renderer), l'équipe Espaces cognitifs et acoustiques et l'équipe Son (Production) de l'Ircam se sont réunies autour du développement d'un environnement générique de mixage multicanal 3D exploitant des réponses impulsionnelles de salles enregistrées dans le lieu même du concert (assurant ainsi une intégration naturelle avec la prise de son principale). L'application emblématique de ce développement est l'archivage et la diffusion 3D des œuvres créées et produites à l'Ircam et jusqu'alors uniquement disponibles en format stéréo.

Dans la première phase du projet, nous avons développé un module générique de mesure de réponses impulsionnelles de salles. S'appuyant sur divers outils du Spatialisateur, l'outil se présente sous la forme d'une application Max standalone qui, après une étape de configuration, permet de mesurer en série un ensemble de réponses multi-émetteurs/multi-récepteurs. L'accent est mis sur la généralité de l'outil, notamment en termes de compatibilité avec de nombreux systèmes de prise de son : mono, stéréo, sphère de microphones massivement multicanales. La mise en œuvre de l'application se veut rapide, guidée, et elle est conçue en sorte à être opérée in-situ par les ingénieurs de son, en tenant compte des impératifs de production (planning, routage de la console, etc.).

L'outil a été éprouvé en conditions réelles, notamment lors de plusieurs productions du festival ManiFeste (Théâtre des Champs-Élysées, Auditorium de Radio France, etc.).

Dans un second temps, nous avons élaboré, de concert avec l'équipe Son, le cahier des charges d'une station de post-production 3D. La station doit permettre de mixer, dans un environnement cohérent et ergonomique, des matériaux sonores provenant de divers systèmes de captation. Il doit également permettre d'adresser plusieurs formats 3D en sortie. Plusieurs prototypages ont été soumis à des cas concrets (mixage de *Le Encatadas* d'Olga Neuwirth), et l'architecture retenue a conduit au développement de l'outil panoramix [décrit dans la section Logiciels] qui est en cours de finalisation.

Enfin, le troisième volet du Projet, actuellement en cours de réalisation, vise à l'intégration dans cette architecture d'un module de réverbération hybride 3D couplant une approche convolutive pour la partie précoce des réponses et une approche par réseau de retards rebouclés pour la partie tardive.

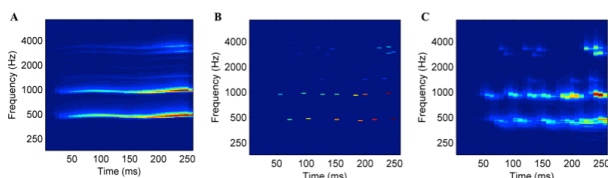


### Esquisses auditives : étude des indices perceptifs minimaux pour la reconnaissance des sons naturels

Nous nous intéressons ici à caractériser les indices essentiels à la reconnaissance de sons naturels. L'objectif final de ce travail est de pouvoir disposer de méthodes pour simplifier des sons naturels. De tels sons pourraient être ensuite facilement associés à des environnements visuels virtuels (qui sont très simplifiés par rapport au réel), permettant d'éviter les conflits de richesse de contenu entre les canaux sensoriels stimulés gênant l'immersion des sujets.

Dans une première étude (Isnard et al., en révision), nous avons mesuré les performances de reconnaissance de 4 catégories de sons naturels (instruments, oiseaux, véhicules, voix) auxquels on avait supprimé certaines caractéristiques. Le procédé consistait à sélectionner des pics d'énergie sur une représentation temps-fréquence (cf. Suied et al., 2013), selon 3 taux de parcimonie (faible, moyen, élevé). Les sons obtenus étaient appelés « esquisses auditives ».

Nous avons montré que : 1) les performances de reconnaissance des esquisses auditives étaient globalement au-dessus de la chance même pour un taux de parcimonie élevé ; 2) les performances corrélaient significativement avec un modèle de distances auditives entre catégories sonores. Cela signifie, qu'au moins pour les esquisses auditives bien reconnues, les composantes sélectionnées étaient équivalentes à des invariants caractérisant la catégorie du son original.



Construction d'une esquisse auditive. A. Représentation temps-fréquence d'un son original (ici : une voix). B. Sélection de pics d'énergie (maxima locaux). C. Esquisse auditive après resynthèse.

Par la suite, nous nous sommes intéressés à la dimension temporelle de la reconnaissance auditive. Il s'agissait, d'une part, de déterminer la durée minimale d'un son pour qu'il permette sa reconnaissance et, d'autre part, d'évaluer le temps de traitement du système auditif pour la reconnaissance de ce son.

Dans une première expérience, nous avons reproduit les résultats de Suied et al., (2014) : le sujet humain normo-entendant reconnaît des sons de voix et d'instruments aussi courts que 4 ms. Dans une autre expérience, nous avons repris le paradigme RASP (pour Rapid Audio Sequential Presentation, cf. Suied et al., 2013), pour quantifier le temps de traitement perceptif pour la reconnaissance auditive. Ce paradigme consiste à présenter une séquence de

sons courts d'une catégorie donnée (e.g. instruments) dans laquelle on doit détecter la présence d'un son cible d'une autre catégorie (e.g. voix). Nous avons confirmé les résultats de Suied et al. (2013) : on peut distinguer un son cible dans une séquence de sons courts présentés à une fréquence de 30 Hz. Curieusement, les sons de voix sont mieux reconnus parmi des séquences de sons d'instruments que l'inverse. Les expériences suivantes vont s'intéresser à l'origine de cette asymétrie.

### ■ Interaction audition, corps, espace

#### Intégration multi-sensorielle et émotion

Au cours des vingt dernières années, de nouveaux types de thérapie par exposition ayant recours aux technologies de réalité virtuelle se sont développés pour le traitement et la réhabilitation des troubles émotionnels, et notamment des phobies. La réalité virtuelle (RV) offre un contrôle très riche de la présentation sensorielle et spatiale des stimulations, ce qui permet de mieux contrôler l'impact émotionnel des situations anxiogènes auxquelles le patient est exposé. Cependant, afin d'exploiter ces avantages uniques de la RV, il est nécessaire d'approfondir les connaissances sur les liens entre les caractéristiques de présentation des stimuli et leur effet émotionnel.

Cette année, nous avons continué à explorer ces liens en utilisant des foules virtuelles. La peur de la foule est un symptôme retrouvé dans plusieurs troubles émotionnels (agoraphobie, phobie sociale, peur de tomber...) et qui a des composantes à la fois sensorielles (auditives et visuelles) et spatiales, ce qui fait de la foule un stimulus idéal pour nos études.

Nous avons finalisé les analyses de l'étude dans laquelle deux groupes de participants (sensibles ou non à la peur de la foule) étaient immergés dans un environnement virtuel (EV) visuo-auditif contenant des foules de 96 humains virtuels (cf. figure ci-après), et devaient indiquer l'intensité de leur inconfort face aux foules alors qu'ils étaient à une distance proche ou lointaine. La présentation sensorielle des foules était uniquement visuelle, uniquement auditive ou à la fois visuelle et auditive. Les résultats indiquent que la présentation visuo-auditif des foules amplifie le ressenti négatif chez les participants sensibles à la peur de la foule (Taffou, Ondrej, O'Sullivan, Warusfel, Dubal, Viaud-Delmon, 2015). Cependant, cet effet n'est observé que lorsque la foule est proche du participant. Lorsque la foule est plus lointaine, sa présentation sensorielle n'influence pas le ressenti des participants. Cela indique que les caractéristiques spatiale et sensorielle du stimulus anxiogène interagissent pour moduler l'impact émotionnel chez le sujet (Taffou, Ondrej, O'Sullivan, Warusfel, Dubal, Viaud-Delmon, en révision).

Si notre groupe composé de 96 humains virtuels (ou humanoïdes) est bien considéré comme une foule indépendamment de sa présentation sensorielle (Taffou, Ondrej, O'Sullivan, Warusfel and Viaud-Delmon, soumis), on ne sait

pas s'il est considéré comme étant de taille équivalente en auditif seul, en visuel seul et en visuo-auditif. Cette année, nous avons donc préparé une expérience visant à étudier l'impact de la présentation sensorielle de la foule sur la perception du nombre d'humanoïdes la composant. Lors de cette étude, le participant est immergé dans l'EV et des groupes d'humanoïdes de tailles différentes (12 groupes allant de 8 à 96 humanoïdes) lui sont présentés soit par le canal auditif uniquement, le canal visuel uniquement ou à la fois auditivement et visuellement. La tâche des participants est d'évaluer le nombre d'humanoïdes de chacun des 12 groupes et dans chaque condition sensorielle. Notre hypothèse est que la perception du nombre d'humanoïdes pourrait impliquer différents processus en fonction de la modalité sensorielle sollicitée.



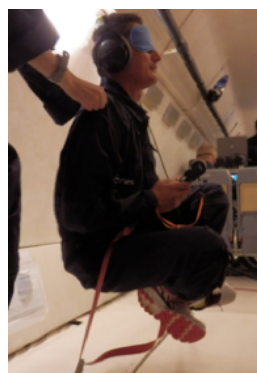
Dispositif de RV dans le studio 4 de l'Ircam. À gauche : la stéréo visuelle est projetée sur un grand écran. La mise à jour des informations visuelles et auditives est réalisée grâce à un système de suivi de position. Le sujet porte des lunettes 3D et un casque audio. À droite : exemple de scène présentant une foule d'humanoïdes.

### AudioSelf

La perception normale repose implicitement sur la sensation que nous sommes localisés dans les limites physiques de notre corps (dit « corps propre »). Cette sensation nécessite une bonne intégration des informations multisensorielles. Nous étudions celle-ci en nous intéressant à la contribution des interactions auditives et vestibulaires pour la perception du corps propre, et en profitant des conditions d'apesanteur provoquées lors de vols paraboliques. En situation d'apesanteur, les indices vestibulaires sont naturellement perturbés ce qui peut altérer la sensation d'unité entre le sentiment de soi et son propre corps, et en d'autres termes modifier la perception de son corps comme référence spatiale. Cette recherche fait l'objet d'un financement du CNES (Centre National d'Études Spatiales) et se déroule dans le cadre de campagnes de vols paraboliques.

Un groupe de 12 participants a été soumis à une tâche de localisation de sources auditives dans quatre conditions sensorielles : présence ou absence de gravité, présence ou absence d'informations visuelles. Un groupe contrôle de 33 participants a été soumis à la même tâche de localisation, dans deux conditions sensorielles uniquement : présence ou absence d'informations visuelles. Durant l'expérience, le participant porte un casque audio dans lequel sont dif-

fusés en mode binaural des stimuli sonores provenant de différentes directions. À l'aide d'un pavé numérique, il indique la localisation perçue de ces sources sonores. Dans la condition avec informations visuelles, le participant est en plus équipé d'un visiocasque relié à une caméra vidéo pointée sur lui-même, de sorte qu'il voit son propre corps dans le visiocasque. Ce dispositif permet de tester si la perception auditive spatiale est reliée à la position du corps tel qu'il est visualisé ou à la position du corps tel qu'il est effectivement situé. Les résultats suggèrent qu'en normogravité (1G), la perception auditive est référencée sur la position du corps tel qu'il est effectivement situé, et n'est pas déportée sur la position du corps tel qu'il est visualisé. Par contre, dans la condition sensorielle où les informations vestibulaires sont altérées (microgravité), l'ancrage de la perception auditive spatiale n'est plus aussi stable et est significativement déporté vers le corps visualisé.



Participant à bord de l'avion ZeroG dans la condition absence de gravité et absence d'informations visuelles. L'expérimentateur à gauche assure le participant de sorte pendant les phases de transition entre la microgravité (0G) et l'hypergravité (2G) lors de la fin de la parabole. Les sangles empêchent le participant de dériver en flottant.

### Motricité, audition et comportement social

Le retour auditif de nos actions nous aide à contrôler nos mouvements. Dans un environnement social, beaucoup de sons viennent de l'environnement et du mouvement des autres individus. Il peut devenir difficile de distinguer ceux qui sont produits par nos propres actions et le retour sonore de nos mouvements peut être confondu avec celui des actions des autres individus. Le camouflage de notre propre retour auditif peut nuire à notre précision sensorimotrice. Nous nous intéressons ici à l'influence du bruit des actions d'autrui sur la boucle auditivo-motrice d'un individu.

Il a été montré que lorsque deux individus font des mouvements similaires (comme taper un rythme avec la main), ils synchronisent spontanément leurs mouvements. Les études actuelles en neurosciences expliquent ce phénomène d'alignement des comportements par l'activation du système dit miroir. Ce système cérébral est appelé miroir car il s'active lors de la production d'une action, mais également lors de l'observation de cette même action. Ce système est un traitement de haut niveau, entre autres car il est sensible au but de l'action observée ou réalisée. Pourtant, plusieurs indices montrent que l'alignement spontané des comportements serait supporté par un méca-

nisme de bas niveau. L'alignement a lieu spontanément, quelle que soit l'intention de l'autre individu. De plus, on observe également un alignement rythmique lorsque les signaux sonores viennent de machines et non d'individus. Nous pensons qu'il est possible d'expliquer l'alignement des comportements par un mécanisme de bas niveau : le renforcement de la boucle auditivo-motrice.

Cette année, une étude a été mise en place pour tester cette hypothèse, en mesurant l'impact du son d'autrui sur le contrôle moteur. Deux participants doivent pointer rapidement une cible. Plusieurs conditions seront testées : les participants entendront ou non le retour sonore de l'autre. L'alignement des mouvements sera également testé : les participants devront réaliser le pointage en même temps, ou décalés dans le temps. Leur précision motrice sera évaluée par la précision de leur pointage. Leurs mouvements sont enregistrés on-line par un système de tracking. Ces expériences commenceront au premier trimestre 2016.

## PERCEPTION ET DESIGN SONORES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats	Collaborations scientifiques	Collaborations artistiques
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	13	Nationaux et régionaux	3	A. Cera
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	4	Conférences avec comité de sélection	14	Internationaux	2	
Doctorants	6	Ouvrages et chapitres		Contrats industriels		
Stagiaires	4	Thèses de doctorat et HDR	2			

Responsable : P. Susini // Responsable adjoint : N. Misdariis

Les thématiques principales de l'équipe Perception et design sonores comprennent des recherches sur la perception et la cognition des sons environnementaux et des travaux appliqués dans le domaine du design sonore. En 2015, ces thématiques continuent de s'étendre au champ du design sonore interactif dans le cadre de sujets de recherche (thèse de *Éric Boyer* soutenue en mai 2015), d'expérimentations de scénarios d'usage pour la création d'outils d'esquisses sonores (projet Skat-VG en collaboration interne avec l'équipe ISMM), de projets pédagogiques en lien avec le Master design sonore de l'ESBAM (Workshop Applicatif en collaboration avec la SNCF en 2015) et le département Pédagogie (stage de la saison 2014-2015 en collaboration avec Jean Lochard).

Outre son activité régulière, l'équipe PDS connaît de nouveaux développements en termes de thématiques, de personnels, d'équipements et de collaborations, portés par les projets CREAM, Skat-VG et MoUVie démarrés en 2014. Notamment, l'année 2015 a été marquée par la constitution de l'équipe de recherche autour du projet «CREAM», sur les émotions musicales, piloté par J.-J. Aucouturier; il faut mentionner la mise en place de deux thèses de neurosciences (Laura Rachman, dirigée par Stéphanie Dubal (CNRS/ICM), co-encadrée J.-J. Aucouturier; Pablo Arias, co-dirigée par P. Susini et Pascal Belin (université Aix-Marseille, La Timone), co-encadrement J.-J. Aucouturier); le recrutement de deux post-doctorants (Marco Liuni et Andreas Lind); et l'acquisition d'un EEG (75,000 €).

Dans le cadre du projet SkAT-VG, dont l'objectif est de mettre au point des outils d'esquisses sonores utilisant la voix et les gestes, plusieurs nouvelles collaborations ont été mises en place; en interne, avec les équipes ISMM (F. Bevilacqua) et Analyse et synthèse des sons (G. Peeters), notamment sur les questions de stratégies, d'analyse et d'indexation d'enregistrements d'imitations gestuelles et

vocales de sons environnementaux et en externe, avec KTH (Stockholm), sur la description phonatoire des imitations vocales. Le projet SkAT-VG a été présenté à deux reprises aux experts nommés par la Commission européenne; à Venise, en janvier lors d'un «project meeting», et à Lisbonne, en octobre lors d'ICT 2015 Exhibition «Innovate, Connect, Transform». Au terme de cette deuxième année, le projet a reçu un avis très favorable de la part des experts. Enfin, dans le cadre du projet MoUVie (coordonné pour le volet Acoustique par Régis Marchiano – Institut Jean le Rond d'Alembert, équipe MPIA – et Nicolas Misdariis), la thématique sur la sonie des sons environnementaux a pris une nouvelle direction en considérant les mécanismes d'Analyse de Scènes Auditives (ASA) en tant que processus sous-jacent à l'évaluation de la sonie de sons composés de plusieurs objets sonores simultanés. Cette approche originale, menée par Michael Vannier (post-doctorant recruté sur le projet) a permis d'initier une collaboration avec Nicolas Grimault spécialiste de l'ASA (Centre de Recherche Neurosciences, Lyon). Ce projet renforce la thématique sur la sonie des sons environnementaux menée dans l'équipe depuis 2010, notamment dans le cadre du projet ANR LoudNat. L'équipe a atteint une bonne reconnaissance sur le sujet; augmentation du nombre de publications et obtention du Décibel d'Or (titre national) fin 2014.

Malgré la croissance de l'équipe sur des thématiques différentes, il persiste une forte et riche interaction entre les membres, aussi bien au niveau méthodologique qu'intellectuel; des échanges réguliers au cours de réunions, de workshops et de séminaires révèlent une bonne dynamique commune. À noter en particulier, le soutien financé par le projet CREAM à une formation EEG/Neurosciences des membres de l'équipe PDS en mai et juin 2015, ainsi que la mobilité des étudiants entre les différentes

thématiques (par ex. Emmanuel Ponsot a rejoint fin 2015 le projet CREAM après une thèse dans le projet LoudNat) qui permettent dès à présent une mise en commun active du socle méthodologique de l'équipe en psychoacoustique et neurosciences. Enfin, il faut noter que deux thèses ont été soutenues en 2015 (E. Boyer, E. Ponsot), et que l'accueil de nouvelles thèses devrait être renforcé d'ici la fin 2016 par l'augmentation de chercheurs HDR dans l'équipe (J.-J. Aucouturier, M. Ayari).

#### ■ Perception et cognition des sons environnementaux

Des mécanismes perceptifs impliqués dans la sonie de sons complexes à la caractérisation d'ambiances sonores  
L'étude des sons environnementaux complexes soulève de nouvelles problématiques concernant les processus perceptifs impliqués dans l'évaluation de la sonie (intensité sonore perçue). D'une part, la perception des sons non stationnaires active des mécanismes temporels sous-jacents encore mal compris, d'autre part, la perception des sons multi-sources implique des processus d'organisation auditive encore peu étudiés. Ces questions dépassent le cadre de la sonie et des sons environnementaux, et permettent d'apporter une nouvelle vision en termes de modélisation et d'approche méthodologique. Le potentiel d'applications sociétales est important, en particulier pour la caractérisation perceptive de la gêne en contexte urbain, que l'équipe étudie dans le cadre de la Chaire MoUVie.

#### Prédominance de la sonie sur les représentations perceptives du timbre

La question soulevée ici concerne l'interaction entre la sonie et le timbre en considérant deux approches méthodologiques différentes : comparaison par paires et classification. Les résultats obtenus montrent d'abord des différences significatives entre égalisation par mesure RMS ou par modèles de sonie, d'une part, et égalisation expérimentale, d'autre part. Par ailleurs, la comparaison des analyses de timbre met clairement en évidence l'influence de la sonie sur les représentations perceptives du timbre et ce d'autant plus que la méthode utilisée est une méthode de classification. Ces résultats ont un impact méthodologique certain : tout d'abord, cela remet en question différents résultats de la littérature, d'autre part, cela met en évidence l'importance du contrôle du niveau sonore dans les expériences menées en ligne (interfaces Web). Il apparaît donc des interactions entre sonie et timbre pouvant avoir lieu au niveau perceptif ou décisionnel. La suite de ce travail consistera à préciser à quel niveau se joue cette interaction. Ces travaux ont fait l'objet d'un article pour le numéro spécial sur la sonie dans Acta Acust. united with Acust., paru fin 2015.

#### Processus temporels impliqués dans la sonie de sons non-stationnaires – Projet LoudNat

Les travaux menés en 2015 dans le cadre de la thèse d'Emmanuel Ponsot (encadrement S. Meunier (LMA), directeur P. Susini) ont permis de confirmer l'existence d'une asymétrie en sonie existant entre sons croissants et sons décroissants, et d'évaluer l'effet du contenu spectral et de la durée sur cette asymétrie. Par ailleurs, nous avons mis en évidence un effet de la méthode expérimentale de jugement de la sonie (estimation de grandeur ou discrimination) sur les stratégies perceptivo-décisionnelles engagées par les auditeurs (collaboration avec Daniel Oberfeld, Univ. de Mainz, Allemagne). Enfin, une collaboration scientifique est toujours en cours avec l'équipe de Brice Bathellier (UNIC-CNRS, Gif-sur-Yvette) et un article sur ce travail est actuellement en revue pour Nature Communications (Deneux et al., in review). Un premier modèle de codage de la sonie globale de sons non-stationnaires est en cours d'élaboration et de discussion (collaboration avec Peter Neri, ENS Ulm), et s'avère très prometteur pour expliquer les processus mis en jeu dans l'estimation de la sonie de sons croissants et décroissants. L'ensemble de ces résultats a été publié dans (Ponsot et al., AP&P, 2015), (Ponsot et al., 2015, Special Issue on Loudness, Acta Acust. united with Acust.) et (Ponsot et al., 2016, JASA). La thèse a été soutenue en décembre 2015.

#### Organisation auditive impliquée dans la sonie de sons multi-sources – Chaire MoUVie

L'objectif ici est d'étudier le rôle des processus de groupement dans l'évaluation de la sonie globale d'une scène composée d'objets sonores présents simultanément. À notre connaissance, ce projet de recherche originale n'a pas encore fait l'objet d'une approche systématique. Depuis mars 2015, il est mené par Michaël Vannier en post-doc (encadrement N. Misdariis et P. Susini) en collaboration avec Nicolas Grimault au Centre de Recherche en Neurosciences à Lyon. Une longue série d'expériences a été mise en place avec des sons harmoniques modulés en fréquence ; selon la configuration, le son est perçu comme un objet sonore unique ou comme deux objets sonores distincts à isosonie. Les résultats de ces expériences ont mis en avant la prévalence des mécanismes de ségrégation sur la sonie globale. Par ailleurs, aucun effet du nombre d'objets sonores perçus sur la sonie globale n'a été montré. Une deuxième expérience est actuellement en cours de préparation afin d'étendre les résultats pour des objets sonores ayant des sonies différentes. La conception d'un modèle simple permettant de prendre en compte les différents objets sonores de la scène auditive dans le calcul de sonie est également en cours. Les premiers résultats seront présentés au Congrès Français d'Acoustique (CFA Le Mans, 11-15 avril 2016).

#### De l'image acoustique à la caractérisation de la gêne en contexte urbain – Chaire MoUVie

L'étude de la gêne en milieu urbain combine ici à la fois les développements fondamentaux sur la sonie globale de sons complexes (voir ci-dessus) et les développements davantage technologiques portés par la thèse de Raphaël Leiba dans le cadre de la Chaire MoUVie (Mobilité et Qualité de Vie en Milieu Urbain). Plus précisément, deux axes ont été menés : le premier concerne la mesure et la caractérisation de l'environnement sonore urbain au moyen d'antennes massivement multi-microphones (megaMicros) ; le deuxième concerne l'intégration et la modélisation de la gêne produite par le bruit des transports. Du point de vue métrologique, l'antenne megaMicros a été testée en contexte naturel (quai St-Bernard, tour Zamansky), validée en soufflerie anéchoïque (univ. Poitiers) – notamment du point de vue de la protection anti-vent des cellules microphoniques – et améliorée en vue d'une campagne de mesure à grande échelle sur des sources élémentaires. Cette campagne permettra à terme de produire une base de données utile pour élaborer des catégories perceptives de sources, en vue de développer des outils de reconnaissance automatique de ces sources. Ces travaux sont réalisés en collaboration avec l'équipe MPIA de l'institut Jean-le-Rond d'Alembert. De plus, au cours de l'année 2015, des collaborations ont été initiées avec l'Ademe et BruitParif.

#### Ambiance sonore des zoos de Paris : approche par entretien sur écoute réactivée

Une autre approche est considérée ici pour caractériser une ambiance sonore. Les zoos de Paris offrent la possibilité aux populations urbaines de se reconnecter à la nature en effectuant une expérience dans un espace reconstitué. Dans le cadre d'une collaboration entre Nicolas Misdariis et Agathe Colléony (Doctorante CESCO/MNHN), une étude a été menée sur les potentialités qu'offrent les sons des zoos pour s'extraire d'une ambiance urbaine, et par extension pour s'immerger dans un milieu naturel. Elle ouvre des questionnements sur la place des sons de la nature en ville. Pour sonder ces questions, une expérience en deux parties a été menée : un parcours sonore enregistré par les participants, puis un entretien sur écoute réactivée.

#### ■ **Des imitations à l'identification des sons non musicaux – Projet SkAT-VG**

L'enjeu est de sonder les processus d'identification d'un son – question essentielle des recherches menées en perception sonore – en s'intéressant à son imitation vocale d'un point de sa production et de sa perception. L'idée est que l'imitation vocale est une réduction des informations saillantes d'un point de vue perceptif. Par ailleurs, un autre enjeu ici est d'élaborer un ensemble de connaissances sur les limites et les stratégies d'imitations combinant voix et gestes. Ces travaux, effectués dans le cadre du projet

SkAT-VG, permettront aussi de délimiter les scénarios d'usage possibles des outils d'esquisse en design sonore utilisant des contrôles vocaux et gestuels (voir développement sur le dispositif MiMeS). Guillaume Lemaitre est responsable du WP4, et Patrick Susini de la coordination locale avec les équipes ISMM et A/S. Les partenaires du projet sont IUAV (Venise), KTH (Stockholm) et Genesis (Aix-en-Provence).

#### Élaboration d'une importante base de données d'imitations vocales et gestuelles de sons

Pour atteindre les objectifs scientifiques et applicatifs du projet, il a été nécessaire de créer une importante base de données d'imitations vocales et gestuelles. Cette phase incontournable a été réalisée grâce à la collaboration avec Frédéric Voisin et l'équipe ISMM. Cinquante participants ont été recrutés pour imiter 54 sons de références, avec la voix uniquement, puis avec la voix et les gestes combinés. Les imitateurs étaient enregistrés, filmés (webcam, caméra rapide, et caméra de profondeur), et des accéléromètres étaient placés sur leurs poignets. Un total d'environ 7400 imitations ont été enregistrées et partagées avec le consortium du projet SkAT-VG. Une analyse statistique fondée sur les propriétés acoustiques des imitations vocales a été effectuée (collaboration entre O. Houix et E. Marchetto de l'équipe A/S). L'équipe ISMM est, quant à elle, en charge de l'analyse des données quantitatives gestuelles. La mise en place d'un système de partage de ces données en lien avec le CRI (Centre de ressource Ircam) est en cours de réflexion.

Voir <https://www.insidescience.org/content/what-sound-gesture/3611>

#### Imitations vocales des propriétés élémentaires des sons

Une des hypothèses de ce projet est que les imitations vocales sont un bon moyen pour révéler les dimensions les plus pertinentes mises en jeu dans un processus d'identification. La question qui se pose au préalable est : dans quelles limites sommes-nous capables d'imiter certaines propriétés élémentaires des sons ? Il a été demandé à des participants naïfs ou experts (chanteurs) d'imiter des sons variant selon des dimensions élémentaires : hauteur, tempo, temps d'attaque et acuité. Les analyses ont montré que les sujets n'ont pas de difficultés à imiter les dimensions de tempo et de hauteur, même si les experts sont meilleurs. L'acuité est plutôt bien imitée, le temps d'attaque l'est moins. Ces travaux ont donné lieu à un poster au meeting de l'ASA à Pittsburgh en mai 2015, et à un article dans le JASA publié en janvier 2016.

#### Identification des imitations vocales

Si les imitations vocales constituent un bon moyen de sonder les processus d'identification, au même titre que les sons purs étaient un bon moyen pour sonder les mécanismes du système auditif périphérique, il est nécessaire de s'assurer

qu'elles permettent la reconnaissance du son qu'elles sont censées imiter. Plus précisément, la question posée ici est : dans quelle mesure une imitation vocale d'un son est meilleure qu'un « sketch auditif » ? Des « sketches auditifs » d'une sélection de sons de référence ont été créés suivant la méthode de Sued et al. (2012) ; il s'agit d'une resynthèse qui ne conserve que les éléments les plus importants. Cette méthode permet donc de créer des versions dégradées, en contrôlant le taux de dégradation. Les sons de références, les imitations vocales et les « sketches auditifs » associés ont été ensuite utilisés dans une expérience d'identification. Les résultats montrent que dans presque tous les cas, il y a des imitations qui sont aussi bien reconnues que les sketches avec un faible taux de dégradation, et parfois, que les sons de références. Dans certains cas cependant, les imitations sont inefficaces. Il est donc nécessaire de comprendre ce qui fait que certaines imitations fonctionnent, et d'autres pas du tout. Ce travail sera présenté au Congrès Français d'Acoustique (CFA Le Mans, 11-15 avril 2016).

#### Le rôle du gestuel par rapport aux imitations vocales

Grace à l'importante base de données d'imitations vocales et gestuelles obtenue, une première analyse qualitative a été menée pour examiner le rôle du geste lorsqu'il est combiné avec la voix, tout d'abord dans le cadre du stage de Master Atiam d'Hugo Scurto, puis de manière plus systématique par Gabriel Meseguer Brocal de l'équipe ISMM. La question ici concerne les stratégies mises en place par les participants pour combiner voix et gestes lors de l'imitation d'un son. Cette question est en lien direct avec le développement des scénarios d'usage de l'outil d'esquisse (tâches des partenaires IUAV et Genesis). L'étude qualitative a montré qu'il existe de grandes tendances communes, malgré une apparente variabilité dans les gestes, et a permis de formuler trois hypothèses : a) les aspects rythmiques sont mieux communiqués par la voix que par le geste ; b) les imitateurs utilisent des gestes « tremblants » pour signifier une texture bruitée ; c) différents flux sonores simultanés peuvent être communiqués en partageant les tâches entre la voix et les gestes. Une partie expérimentale avec des stimuli sonores contrôlés a confirmé ces observations. Ce travail a fait l'objet d'une présentation au meeting de l'ASA à Jacksonville en novembre 2015.

#### ■ **Cognition et émotion musicales**

L'intégration à l'équipe PDS de Jean-Julien Aucouturier, chercheur CNRS, et Mondher Ayari, enseignant-chercheur à l'université de Strasbourg, a permis d'étendre les thématiques de recherche autour de la perception, de la cognition et des émotions musicales en combinant des approches originales provenant du traitement du signal (ERC CREAM piloté par J.-J. Aucouturier) et de la musicologie (Projet ANR CréMusCult).

#### Des outils de synthèse sonores aux émotions musicales – projet CREAM

La vision du projet CREAM est de développer l'apport des technologies du traitement du signal sonore (parole et musique) pour l'expérimentation en psychologie/neurosciences cognitives concernant la question des émotions musicales. Ces deux domaines sont encore très peu perméables, et le potentiel d'innovation technologique et de découverte scientifique est très important. L'ambition ici est donc d'avancer sur ces deux plans : développement d'outils logiciels pour la communauté (voir un premier exemple ci-dessous, la plateforme DAVID), et utilisation de ces logiciels pour des travaux sur les émotions musicales (voir ci-après, l'expérience de feedback vocal émotionnel).

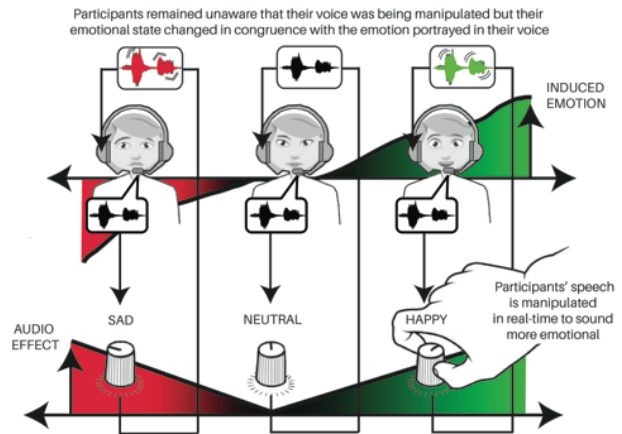
#### DAVID : un outil temps réel de transformation émotionnelle de la voix

Une plateforme logicielle sous Max/MSP a été créée par Marco Liuni permettant de modifier le contenu émotionnel d'une voix parlée en temps réel. Les modifications sont fondées sur des effets de traitement du signal sonore, comme la modification de hauteur et le décalage des formants, implémentés avec un souci à la fois d'un grand réalisme psychologique et d'une latence extrêmement faible ( $\leq 20$ ms). Trois effets en particulier, plus joyeux, plus triste et plus anxieux, ont été évalués expérimentalement dans 4 langues (français, anglais, suédois, japonais) : les manipulations sont reconnues comme étant émotionnelles, sont jugées aussi naturelles que des exemples véridiques, et leur intensité est paramétrable, le tout en temps réel, et quelle que soit la langue. Ce développement est important car jusqu'à présent la majorité des travaux de neurosciences affectives repose sur des voix enregistrées d'acteurs. Cette plateforme a été utilisée dans l'expérience de feedback vocale modifiée, et devrait permettre la réalisation de nombreux autres paradigmes expérimentaux en psychologie et neurosciences des émotions. Le logiciel a été mis à disposition libre de la communauté scientifique à l'automne 2015, à l'occasion d'un workshop organisé au congrès ICME4 à Genève (<http://cream.ircam.fr>), et un article est en cours de relecture dans la revue Behavioural Research Methods. Ce travail est une collaboration avec le département de psychologie de University College London (Royaume-Uni), le département de sciences cognitives de l'Université de Lund (Suède) et le laboratoire de Katsumi Watanabe de l'Université Waseda (Japon).

#### Feedback vocal émotionnel

Dans une tâche de lecture à voix haute, le ton émotionnel du feedback vocal d'un locuteur a été modifié subrepticement en temps réel (voir ci-dessus) ; au fur et à mesure que le locuteur parle, la voix devient plus joyeuse, triste ou anxieuse. Pour des auditeurs extérieurs, les transformations contrôlées de la voix sont bien perçues en termes d'émotion, pourtant il a été montré que a) les participants

dont le feedback vocal est modifié ne détectent pas la manipulation, ce qui indique une surprenante absence de contrôle continu des signaux émotionnels que nous émettons. Ce résultat est important car les mécanismes cognitifs de production des émotions vocales sont encore très mal connus. De plus, en lien avec le fait de s'écouter parler avec un ton de voix modifié, nous avons montré que b) l'état émotionnel des participants change dans la direction de l'émotion manipulée : en s'entendant parler de façon plus joyeuse, et bien qu'ils ne détectent pas la manipulation vocale, les participants deviennent en effet plus joyeux eux-mêmes. Ce résultat est la première mise en évidence d'un effet de rétroaction périphérique sur l'expérience émotionnelle dans le domaine auditif, et la première démonstration irréfutable d'un tel effet quelle qu'en soit la modalité. Ce travail, publié dans la revue PNAS, est une collaboration avec le laboratoire de psychologie LEAD UMR5022 (université de Bourgogne, Dijon); le département de sciences cognitives de l'Université de Lund (Suède), et les laboratoires de Katsumi Watanabe à l'Université de Tokyo et de Waseda (Japon).



Feedback vocal émotionnel, publié dans la revue PNAS

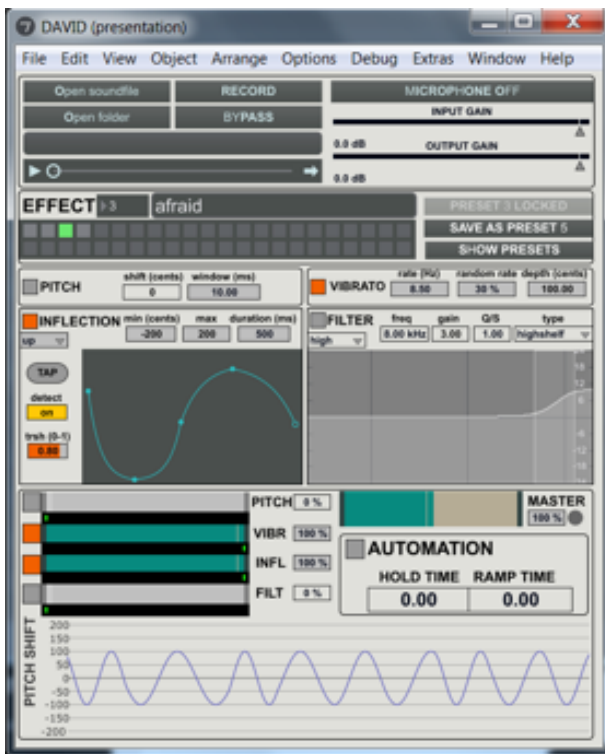
Simulateur temps réel de voix souriante

Pablo Arias, thèse (encadrement J.-J. Acouturier, directeur P. Susini, co-directeur Pascal Belin – Hôpital de la Timone, Marseille)

Même si les fondements biologiques du sourire «visuel» en tant que signal émotionnel et social sont de loin les plus étudiés, il est également connu que le fait de sourire change le son de notre voix de façon reconnaissable. Curieusement, les corrélats acoustiques de la «voix souriante» sont peu connus. À partir d'un corpus enregistré de vocalisations des différents phonèmes de la langue française, prononcés avec ou sans sourire, il a été mis en évidence des différences systématiques de leur enveloppe spectrale, liées à l'amplification et/ou au décalage de certains formants. Sur cette base, un algorithme de transformation de voix temps réel et réaliste a été implémenté (technique de vocoder de phase) permettant de simuler le sourire sur une voix «neutre». Ce développement est important car il ouvre la voie à l'exploration des bases neurales de la production et perception du sourire dans la modalité auditive et de comparer avec la modalité visuelle. Il présente également un fort potentiel de valorisation industrielle, en particulier dans l'industrie du centre de relation client par téléphone. Dans ce contexte, ce travail, non encore publié, fera l'objet d'une déclaration d'invention au printemps 2016 et d'une candidature à un projet de valorisation ERC Proof of Concept. Ces travaux sont menés principalement dans le cadre de la thèse de Pablo Arias depuis septembre 2015.

Analyse cognitive de la créativité musicale en Méditerranée

Ce projet est mené au sein des équipes Perception et design sonores et Représentations musicales par Mondher Ayari et est présenté dans le rapport d'activité de cette deuxième équipe.



DAVID : un outil temps réel de transformation émotionnelle de la voix, mis à disposition de la communauté scientifique de psychologie et neurosciences des émotions



### ■ Design Son et Interaction

Le design sonore est défini par l'équipe PDS (2014) comme un processus de création visant à « faire entendre une intention ». L'enjeu est alors de reproduire de manière fidèle une intention sur plusieurs éléments sonores. Une proposition méthodologique a été élaborée (thèse de Maxime Carron) concernant l'identité d'une marque, combinant des recherches menées sur le timbre, la sémantique des sons, et la notion d'invariant. Un autre enjeu ici est d'étendre la notion d'intention aux objets sonores interactifs afin de favoriser des actions ou des contrôles gestuels ; l'objectif final étant de sonder la boucle action-perception. Deux approches sont menées dans l'équipe. La première, top-down, s'intéresse à l'influence des modes de sonification sur l'apprentissage sensorimoteur dans des tâches contrôlées (thèse d'Eric Boyer). La deuxième approche, bottom-up, davantage exploratoire, consiste à développer des dispositifs interactifs (Stonic, MiMeS) pour analyser les différentes stratégies comportementales mises en place face à des affordances à la fois gestuelles et sonores.

#### Des mots aux sons dans un processus de design d'identité de marque – projet SNCF

Lorsque l'intention consiste à véhiculer l'identité d'une marque, il est nécessaire de traduire les valeurs de celle-ci par des éléments sonores. La première difficulté est souvent liée à un manque de vocabulaire spécifique pour décrire ces éléments. La deuxième difficulté est de décliner ces éléments sur différents supports de la marque. La première partie de la thèse de Maxime Carron (contrat CIFRE, encadrants F. Dubois et N. Misdariis, directeur de thèse P. Susini) a permis de développer un lexique de mots, et de l'illustrer avec des exemples sonores. En 2015, ce lexique a été validé dans une série d'expériences d'indexation de plusieurs classes de sons associés au contexte SNCF (alarmes, composteurs, distributeurs...). L'analyse des données d'indexation a permis de révéler deux types de traits communs pour chaque classe : les invariants et les leviers. Les invariants sont les éléments sonores prototypiques d'une classe, alors que les leviers définissent l'étendue possible des éléments de la classe. L'identification des invariants et des leviers constitue une nouvelle approche pour décliner les intentions d'une marque sur différents supports associés au contexte de celle-ci. Une application de ces travaux a été effectuée en collaboration avec l'agence de design sonore LAPS (Ludovic Germain et Romain Barthelemy) pour réaliser un ensemble de sons identitaires.

Ces travaux ont été menés en partie dans le cadre du stage de fin d'études de Thomas Buttin (UTC). Ils ont fait l'objet d'un article pour la revue *Acoustique & Techniques*. Un article présentant la démarche de construction du lexique est en révision pour le *Journal of Design Research*. Une partie des travaux a été présentée au congrès Euronoise 2015.

#### SoundBe

Nous nous intéressons ici à un outil d'aide au design sonore pour des non experts : « the non-sound designers sound design tool ». SoundBe est un outil simple d'usage créé par Doriana Dal Palu (École Polytechnique de Turin) pour les designers industriels permettant d'écouter différents types d'interaction physiques avec différents matériaux. La validité perceptive du dispositif a été testée dans une série d'expériences en collaboration avec O. Houix et P. Susini. Les résultats ont permis d'établir des préconisations pour améliorer le dispositif SoundBe. Doriana Dal Palu a travaillé à l'Ircam du mois de janvier au mois d'avril.

#### Le Stonic : un objet sonore interactif multi affordances – projet Legos

Dans le cadre du projet ANR Legos, le dispositif interactif Stonic a été développé en collaboration avec le designer Julien Groboz et l'équipe ISMM. Le Stonic propose différentes affordances en termes de prise en main et d'actions (voir photos). Il est instrumenté à l'aide de capteurs permettant le déclenchement et le contrôle gestuels de sons. Trois prototypes ont été développés, imprimés en 3D et instrumentés de capteurs. Deux types de sonification – sons concrets vs abstraits – ont été créés en collaboration avec Fabien Bourlier, design sonore. Les stratégies de manipulation des différentes versions du Stonic ont été explorées avec le soutien de Doriana Dal Palu, étudiante en design à l'école Polytechnique de Turin. Ces travaux sont dirigés par Olivier Houix en lien avec son activité d'enseignement au Master design sonore de l'École supérieure des beaux arts du Mans.

#### Le MiMeS : un objet interactif pour la création d'esquisses sonores – projet SkAT-VG

Toujours dans le cadre d'une collaboration avec l'équipe ISMM (E. Flety, F. Bevilacqua, J. Françoise), le développement du dispositif interactif Stonic a été étendu dans le cadre du projet SkAT-VG pour la création d'esquisses sonores ; il s'agit ici d'explorer les affordances gestuelles du dispositif pour moduler les paramètres morphologiques d'une imitation vocale en vue de créer une esquisse sonore. De plus, les contrôles gestuels sont enrichis d'une interface visuelle permettant de naviguer dans différents espaces de sons (CataRT) – concrets vs abstraits – pour designer la structure spectrale de l'esquisse. Une démonstration du dispositif MiMeS a été effectuée à Lisbonne du 20 au 22 octobre 2015 dans le cadre de l'ICT 2015 Exhibition « Innovate, Connect, Transform ».

Apprentissage sensorimoteur – Projet Legos

Enfin, la question de l'apprentissage sensorimoteur par feedback sonore est traitée dans le cadre de la thèse d'Éric Boyer (projet ANR Legos, encadrement S. Hanneton et F. Bevilacqua, directeur P. Susini). Les derniers résultats mettent en évidence l'avantage d'une sonification renforçant la proprioception (e.g., perception du mouvement de la main) plutôt qu'une perception de l'objet ; dans ce cas, l'amélioration des performances obtenues persiste lorsque le feedback sonore n'est plus présent. Ces résultats sont en cours de publication pour le journal *Experimental Brain Research*. La thèse a été soutenue en mai 2015.



*Développement des prototypes Stonic en collaborations avec le designer Julien Groboz (projet Legos)*



*Utilisation des dispositifs MiNeS pour la création d'esquisses sonores (projet SkAT-VG)*

## ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	6	Revue à comité de lecture	3	Nationaux et régionaux  Chanter, Cagima, Hamemcopsys, Physis, Larynx  Bee Music, Route	7	Aalto University (Finland), Acapela Group, AK TU Berlin (Allemagne), ARI (Autriche), Arte, AudioGaming, Cyanide, Dualo, École des Mines de Paris, ExeQuo, Flying Eye (Allemagne), Fraunhofer HHI (Allemagne), Game Audio Factory, Genesis SA, GRAME, HHI Berlin (Allemagne), Idol, ISAE-Sup'aéro, ISIR/UPMC, IUAV (Univ. de Venise, Italie), Kantar Media, KTH (Univ. De Stockholm, Suède), LIA (Université d'Avignon), LIMSI, LMA Marseille, LPL (Laboratoire Parole et Langage) - Hôpital La Conception, LTU, National Taiwan University, NuHag (Univ. Of Vienna, Autriche), OFAI, QMUL, SCREAM National Cheng Kung Univ. (Taiwan), Sinequa, Sky Deutschland (Allemagne), Smartsound, Smartlog, Stupeflix, Ubisoft, UPF/MTG (Espagne), UMG, Univ. de Thessalonique (Grèce), Univ. Huddersfield (Royaume-Uni), Univ. Paris-8, Velti (Grèce), Viddiga	Jamel Debbouze, Florian Hecker, Arnaud Petit, Olga Neuwirth		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	9	Conférences avec comité de sélection	20	Internationaux SkAT-VG, 3DTVS	2				
Doctorants	9	Ouvrages et chapitres	1	Contrats industriels	6				
Stagiaires	5	Thèses de doctorat et HDR	3						

Responsable : Axel Roebel

L'équipe Analyse et synthèse des sons étudie le signal audio numérique, soit pour en extraire toutes sortes 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 présentation de nos travaux, ces recherches et développements sont classés en quatre axes principaux :

- représentation, analyse, transformation, et synthèse de

signaux audio ;

- analyse, synthèse et transformation de la voix ;
- description des contenus musicaux, utilisant différents niveaux de description, à partir du signal audio ;
- modélisation physique d'instruments de musique et de la voix (équipe-projet Systèmes et Signaux Sonores (S3)).

L'Équipe-projet Systèmes et Signaux Sonores (S3) a été fondée en 2015 pour donner un cadre plus explicite à la coopération de longue date entre les équipes Analyse et synthèse des sons et Acoustique instrumentale. Cette

équipe regroupe les travaux sur des outils théoriques et expérimentaux pour modéliser, simuler, identifier et optimiser les systèmes multi-physiques, et traiter les signaux sonores qu'ils produisent. Sa spécificité est d'intégrer dans ses recherches l'ensemble des disciplines scientifiques touchées par l'analyse/synthèse sonore d'instruments de musique et des systèmes sonores ou producteurs de sons.

Concernant les résultats de recherche, les principaux aboutissements de l'année sont :

- la finalisation du projet BeeMusic démontrant la mise à échelle de nos algorithmes d'indexation et de description audio ;
- le passage à l'échelle des algorithmes d'apprentissage machine et d'identification audio pour le Big-Data (Projet BeeMusic) ;
- le contrat UMG (Universal Music Group) ;
- la mise au point d'un nouveau moteur de synthèse et de transformation de la voix pour le projet ChaNTeR ;
- les premiers résultats de la modélisation du style d'interprétation pour la synthèse du chant ;
- la finalisation du projet FP7 3DTVS ;
- la finalisation du projet de création de la voix de Louis de Funès pour le film *Pourquoi je n'ai pas mangé mon père* réalisé par Jamel Debbouze ;
- le début de la commercialisation du nouveau logiciel «SnailAnalyser-Tuner» ;
- la soutenance de trois thèses cette année dans notre équipe.

L'analyse de nos activités de recherche en 2015 fait émerger une multiplicité de travaux (projets Route, 3DTVS, transcription automatique, séparation de la voix, reconnaissance d'imitations vocales, description du rythme) qui partagent tous la nécessité de décrire un élément spécifique recherché dans une scène sonore observée. Il est intéressant de remarquer que l'outil aujourd'hui prédominant pour représenter les éléments d'une scène sonore est la NMF (Non-negative matrix factorization), ou ses dérivés NMD (Non-negative matrix deconvolution) et PLCA (Probabilistic latent component analysis). Les rapprochements possibles entre les chercheurs et les intérêts partagés autour de cette technique, dans différentes thématiques, nous donneront sûrement des occasions de renforcer les échanges, les collaborations et de développer plusieurs synergies au sein de notre équipe. Ces synergies seront profitables à nos objectifs de recherche en détection et localisation de locuteur dans le projet Route, à nos activités autour de l'extraction des voix d'une scène sonore pour le casting ou la conversion, ainsi que pour la transcription automatique avec annotation des instruments, pour laquelle les méthodes développées pour les locuteurs pourront être appliquées, afin de mieux représenter les instruments de musique.

Un autre élément très positif pour l'évolution des logiciels développés par l'équipe est le fait que nous avons obtenu, en 2015, le soutien de l'Ircam pour une unité de projet interne (UPI) qui vise la modernisation du logiciel AudioSculpt en y attribuant, pendant 12 mois, un deuxième développeur. Le plan de cette UPI est d'amorcer le développement de la nouvelle version 4 d'AudioSculpt, et d'assurer l'implémentation fonctionnelle de l'interface graphique et des fonctions majeures préalablement définies.

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

Les travaux de recherche se sont concentrés sur deux axes de travail :

- la description des scènes sonores, incluant tous les travaux liés à la description d'une scène auditive en termes d'événements sonores. Nous avons notamment travaillé sur la détection des débuts de notes, la transcription de la musique (batterie et instruments tonaux), ainsi que sur la détection et la localisation des événements dans les films ;
- l'analyse et la resynthèse des textures sonores (projet ANR Physis). Ces travaux ne sont pas seulement importants dans un cadre de recherche mais surtout parce qu'ils suscitent un vif intérêt chez les compositeurs. Nous soulignons par exemple le projet de Florian Hecker qui, en tant que compositeur en recherche dans notre équipe pendant l'année 2016, expérimentera les algorithmes d'analyse/synthèse partant de descripteurs statistiques.

#### Transcription automatique de la musique

Les avancées considérables des méthodes potentiellement utilisables pour la transcription automatique nous ont amenés à reprendre nos activités de recherche dans ce domaine. D'un côté, nous avons étudié les récentes avancées dans le domaine des algorithmes pour la détection des débuts de notes dans le but de les intégrer dans nos algorithmes existants. Par extension, fort d'une vision plus approfondie, plus innovante, et portés par le succès de nos algorithmes de détection basés sur la décomposition (NMF), nous avons commencé une nouvelle thèse sur la transcription automatique.

#### Amélioration d'un algorithme de détection des débuts de notes

*Stage Master 2, C. Jacques, avril 2015-septembre 2015*

Afin d'améliorer les résultats de la transcription automatique de la musique, l'étape d'estimation des fréquences des notes avait déjà fait l'objet d'un premier travail lors d'une thèse. Pour continuer ces travaux et consolider les résultats, l'étude s'est portée sur l'amélioration de la détection des débuts de notes. Dans le cadre de ce stage, nous avons étudié les algorithmes récents et très performants de

(Böck, 2012) et (Elowsson, 2013). Nous avons aussi étudié l'influence de la décomposition du signal en sous-bandes de fréquences et modifié la fonction de détection. Le but de ces modifications est de détecter un maximum de débuts de notes et d'en perdre le moins possible puisque chaque début (de note) non-détecté à cette étape ne pourra pas être corrigé par la suite. Notre évaluation a montré que les algorithmes modifiés permettent une meilleure détection des débuts de notes que l'algorithme précédemment utilisé. Par la suite, ces algorithmes modifiés seront intégrés et évalués dans nos algorithmes de transcription existants. Ces modifications n'impacteront que les deux algorithmes existants pour la transcription des notes et la transcription des frappes de batterie.

S. BÖCK, F. KREBS et M. SCHEDL, «Evaluating the online capabilities of onset detection methods» International Society of Music Information Retrieval (ISMIR), 2012

A. ELOWSSON et A. FRIBERG, «Modelling perception of speed in music audio», Proceedings of the Sound and Music Computing Conference (SMC), 2013

#### La Transcription automatique de la musique avec des méthodes type PLCA

*Thèse C. Jacques, octobre 2015-octobre 2018*

La transcription automatique de la musique consiste à extraire les informations pertinentes d'un signal sonore afin de pouvoir le synthétiser: détecter le moment où une note est jouée, quelle est la note jouée et, idéalement, par quel type d'instrument. Le premier algorithme de transcription que nous avons développé dans l'équipe fut limité à la transcription des notes d'un instrument sans pouvoir en identifier le type. Les recherches récentes portant sur la décomposition non négative, surtout dans son interprétation probabiliste proposée sous le nom de PLCA (Probabilistic latent component analysis), semblent ouvrir de nouvelles approches pour l'enrichissement de la transcription à travers l'annotation des instruments et la transcription des événements de batterie. L'idée générale de cette thèse sera par ailleurs d'intégrer les algorithmes d'analyse existants (débuts des notes, hauteurs multiples) avec des connaissances à priori imposées par les instruments et la musique.

Un premier travail d'étude des publications sur les champs d'applications de la NMF, PLCA et de leur adaptation à la transcription de la musique a été fourni. Dans un deuxième temps, la prise en main de ces algorithmes (détection des éléments de la batterie de 3DTVS, estimation des hauteurs, détection des débuts des notes (voir stage) est nécessaire afin de pouvoir les intégrer au mieux dans un framework commun.

#### Détection et localisation d'objets sonores

*Projet EU FP7 3DTVS, M. Liuni, A. Roebel, novembre 2011-janvier 2015*

Dans le cadre du projet européen 3DTVS, une tâche est dédiée à la caractérisation locale des différentes composantes d'un flux audio multicanal. Les algorithmes développés, basés sur les décompositions en facteurs non négatifs de matrices ou tenseurs, exploitent l'information dans les différents canaux audio pour détecter, localiser et séparer des sources audio d'intérêt. Dans le cadre du stage de Jordi Pons, les algorithmes ont été adaptés au cas de la transcription de la batterie dans un enregistrement de musique. En 2015, l'algorithme de localisation des événements qui a été développé dans le projet 3DTVS a été évalué. Le projet 3DTVS a été finalisé avec succès et l'algorithme de détection de la batterie a été publié.

#### Analyse/Synthèse de textures sonores

Nos travaux sur les textures sonores ont été initiés dans le cadre du projet ANR Physis, finalisé en novembre 2015. Le projet avait été sélectionné comme candidat pour une nomination en tant que projet phare ANR des suites de son évaluation très positive à mi-parcours. Pour ce projet, nous avons collaboré avec l'équipe ISMM qui s'est occupée des problèmes d'interaction et de contrôle. De notre côté, nous avons développé dans ce projet deux approches complémentaires pour l'analyse et la resynthèse des textures.

#### Transformation et synthèse de textures sonores basées sur des statistiques de la représentation temps-fréquence

*Thèse Wei-Hsiang Liao, projet ANR Physis, septembre 2011-juillet 2015*

L'objectif de cette thèse était de définir un algorithme de synthèse et de transformation des textures sonores basées sur des caractéristiques perceptives. Dans les travaux de McDermott (2011), il a été montré que les humains distinguent les textures sonores en détectant le changement de propriétés statistiques dans les bandes critiques. Pour synthétiser et transformer les textures sonores, il est donc important de préserver les propriétés statistiques qui sont perceptivement pertinentes. En 2012 et 2013, nous avons finalisé un premier algorithme capable de reproduire des échantillons de différentes textures sonores sans limite de durée temporelle, à haute qualité, et avec un coût de calcul raisonnable. Les propriétés statistiques importantes pour la perception de la texture sont d'abord estimées, puis de nouveaux échantillons de la texture du son peuvent être générés en combinant les propriétés statistiques avec certains vecteurs initialisés de façon aléatoire. Les propriétés statistiques utilisées couvrent les moments standards, les fonctions d'autocorrélation et les fonctions de corrélation croisée.

En 2015, l'algorithme a été finalisé. Plusieurs évaluations ont été organisées, et la thèse a été soutenue en juillet 2015. Les conclusions de ces travaux peuvent être résumés comme suit :

- nos résultats montrent que l'approche, proposée très récemment, de synthèse de texture à partir de statistiques, donne des résultats pertinents perceptivement ;
- comparée aux autres approches, notamment à celles basées sur le découpage et le ré-assemblage d'une texture originale, nous constatons que la qualité n'est pas toujours équivalente. Des problèmes persistent notamment dans le cas de textures contenant des événements brefs et impulsifs ;
- l'intérêt des approches utilisant des descripteurs statistiques réside principalement dans la possibilité de manipuler les paramètres, et/ou de créer des sons au caractère particulier, hybride.

Ce dernier point nous a amenés à chercher des possibilités pour continuer ces travaux, et potentiellement à travers l'élaboration d'une application « musicale » qui en exploiterait les résultats. En 2016, nous poursuivrons donc ces travaux par la biais d'un stage dont le but sera de développer de nouvelles approches d'hybridation de texture. Par la suite, nous recevrons le compositeur et artiste Florian Hecker afin d'étudier le potentiel des algorithmes dans le contexte de la musique électronique.

Approche montage pour la synthèse de textures sonores  
Projet ANR *Physis*, S. O'Leary, D. Schwarz et A. Roebel, janvier 2015-mars 2015

Une deuxième approche pour la synthèse de textures sonores, qui a également été développée au cours des années précédentes dans le cadre du projet *Physis*, est l'approche « montage ». Cet algorithme représente une approche de réorganisation séquentielle de la texture originale pour la synthétiser sans limite temporelle.

Un modèle général pour la synthèse de texture doit tenir compte à la fois de la structure de haut niveau (par exemple, la nature quasi-périodique des vagues se brisant sur le rivage) et la structure locale (structure de bas niveau, par exemple, la structure très localisée d'un « clic » dans une texture de feu). L'approche « montage » y parvient, en synthétisant des segments étendus de la texture originale (environ 2 secondes), à partir d'atomes courts également inclus dans l'échantillon de la texture originale.

Les activités de recherche liées à l'approche montage en 2015 ont consisté en :

- l'amélioration de l'algorithme de concaténation des atomes ;
- des évaluations de l'algorithme ;
- la soumission d'un article de revue.

Modèles d'instruments

Thèse H. Hahn, projet *SOR2*, novembre 2010-septembre 2015

Une méthode de transformation sonore pour la synthèse expressive à partir de banques de sons d'instruments a été établie. La représentation sonore est basée sur un modèle source-filtre étendu, qui permet une représentation en forme fermée des enveloppes spectrales du bruit, et des composantes sinusoïdales des sons d'instruments. Cet algorithme permet la manipulation d'enregistrements utilisant des paramètres facilement interprétables perceptivement, directement liés aux paramètres de base de la synthèse sonore (hauteur, intensité, durée), et étend donc les possibilités de contrôle des échantillonneurs classiques en y ajoutant une dimension de transformation expressive.

Les principales activités liées à ce projet en 2015 ont consisté en la soutenance de la thèse en septembre et la soumission d'un article de revue.

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

Nos recherches dans le domaine de la parole ont porté sur l'intégration des algorithmes de synthèse des impulsions dans notre algorithme de synthèse de chant ainsi que, dans ce contexte, sur plusieurs améliorations de l'estimation des paramètres des impulsions de la glotte. En ce qui concerne les techniques de conversion de locuteur, le projet le plus important a porté sur la création de la voix de Louis de Funès pour un film de Jamel Debbouze sorti en avril 2015. Plusieurs autres projets de recréation de voix historiques nous ont été proposés en 2015, dont certains sont entrés dans une phase de prototypage et d'étude de faisabilité.

Le dernier élément important de l'année 2015 est le démarrage du projet *Route* qui nous amènera à développer des algorithmes permettant la détection, la localisation et la séparation de la voix dans des signaux avec bruits de fonds arbitraires. Ce projet nous donnera l'occasion de combiner nos expériences en modélisation de parole et en décomposition du signal.

Conversion du locuteur utilisant des caractéristiques étendues

Thèse *CIFRE*, S. Huber, collaboration *Acapela*, soutenance soutenue le 11 septembre 2015

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 avancées qui ont été établies dans le contexte de cette thèse sont :

- des améliorations de l'algorithme d'estimation des paramètres de l'impulsion de la glotte ;
- une meilleure représentation du bruit dans l'algorithme de transformation et de synthèse paramétrique

- de la parole de type SVLN ;
- une nouvelle approche de contrôle de l'intensité induite par la transformation des paramètres de l'impulsion de la glotte ;
- une étude sur la transformation des paramètres de la source glottique dans le contexte de la conversion du locuteur.

#### Production de voix pour des films

*Production cinéma, N.Obin, A. Roebel, décembre 2014-février 2015, collaboration externe : M. Colcy, E.-L. Benaroya*

En 2015, nous avons à nouveau été amenés à travailler sur la production de voix pour des productions cinématographiques françaises. Au début de l'année, nous avons contribué au film « Pourquoi j'ai pas mangé mon père » de Jamel Debbouze qui est sortie début d'avril. Cette production a montré que la qualité des sons convertis avec la méthode que nous avons développée était suffisante pour ce type d'applications. Des nouvelles demandes émanant de société de productions sont à l'étude.

#### Extraction de la voix dans des signaux bruités

*Stage de Master 2 de Damien Bouvier, encadrement : N. Obin, A. Roebel, M. Liuni, mars 2015-juillet 2015*

Dans le cadre des travaux de recherche menés sur l'indexation et la production de contenus multimédias et sur l'analyse de scène sonore, un algorithme d'extraction de la voix dans des signaux bruités a été développé. Cet algorithme permet de séparer, dans un signal audio, les contributions de la voix d'un locuteur du reste des sons présents (bruits ambiants stationnaires ou non, fond musical, etc.). La méthode de séparation de sources par NMF (Non-negative Matrix Factorization) a été utilisée et agrémentée d'un modèle source/filtre permettant de représenter la voix, ainsi que d'une contrainte de cohérence source/filtre assurant le sens physique de la séparation effectuée par la NMF. De plus, une méthode d'adaptation du poids des contraintes a été développée pour faciliter l'utilisation des contraintes dans le cadre de la NMF.

#### Localisation du locuteur dans des signaux multicanaux

*Projet Emergence Route, E.-L. Benaroya, M. Liuni, N. Obin, G. Peeters, A. Roebel, novembre 2015-octobre 2016, partenaires : ISIR-UPMC*

Le projet Route est un projet financé par Sorbonne Universités favorisant des recherches et des collaborations interdisciplinaires axées sur des approches novatrices.

L'objectif central du projet porte sur la conception et la mise en place d'une nouvelle approche permettant à un robot de détecter et de localiser le locuteur principal dans une scène sonore : une telle stratégie doit permettre à un robot d'identifier un signal vocal en présence de bruit, et localiser la position du locuteur principal (dans le cas de plusieurs locuteurs en simultané). Le projet est mené en

collaboration entre l'équipe Analyse et synthèse de l'Ircam, apportant son expertise en modélisation de la parole, en détection et localisation des événements sonores, et le laboratoire ISIR de l'UPMC qui apporte ses connaissances en audition binaurale pour les robots.

Le système sera basé sur un algorithme de détection et de localisation de source sonore en audio 3D [Mitsufuji et al., 2014], développé par l'équipe dans le cadre du projet européen 3DTVS. La perspective inédite ouverte par ce projet est de confronter des méthodes avancées d'analyse automatique avec les contraintes et les spécificités du domaine de la robotique. Les problématiques soulevées sont alors, parmi d'autres, les suivantes : quelles sont les priorités que le robot doit prendre en compte quand il analyse la scène sonore, comment profiter de sa structure et de sa mobilité pour renforcer la détection, quelles sont les marges de simplification des algorithmes complexes habituellement utilisés pour envisager leur implémentation au sein d'un système embarqué autonome.

Les travaux seront menés de manière complémentaire entre les deux équipes impliquées, tout en s'appuyant sur une approche progressive permettant la validation de jalons via des résultats intermédiaires.

#### Synthèse du chant

*Projet ANR ChaNTeR, Thèse L. Ardaillon, G. Degottex, C. Chabot-Canet, A. Roebel, janvier 2014-décembre 2017, partenaires : Limsi, Acapela, Dualo*

Ce projet a pour objectif la production d'une synthèse de chant de haute qualité. Le moteur de synthèse devra être capable de synthétiser, à partir d'un texte simple, et d'une partition associée, un chant à la fois naturel et expressif, avec la possibilité de modéliser différents styles de chant. Le système est basé sur une technique de concaténation d'unités, et sa conception modulaire permet l'utilisation de différentes approches pour la synthèse et son contrôle. Il est nécessaire, pour le contrôle de la synthèse, de modéliser les variations des différents paramètres (en particulier la fréquence fondamentale (F0), l'intensité, les durées des phonèmes, et le timbre) propres à chaque style. Il faut ensuite trouver les transformations adéquates à effectuer pour, à partir d'une base de donnée relativement restreinte, être capable de produire un chant naturel sur une grande variété de hauteurs et d'intensités.

Les principaux travaux menés en 2015 sur ce projet ont été :

- le développement (maintenance et améliorations diverses) du système de synthèse ;
- l'amélioration du premier modèle de F0, qui présente désormais une paramétrisation plus intuitive, et la validation de ce modèle par un test perceptif comparant des courbes générées par le modèle à des courbes extraites d'enregistrements ;

- l'établissement d'un corpus de chants annotés pour l'étude des styles. Ce corpus se compose d'enregistrements originaux de chanteurs célèbres de styles « chanson française » et chant lyrique (Édith Piaf, Sacha Distel, Juliette Greco et François Leroux) et a été annoté manuellement en courbe de F0 et phonèmes. Une étude musicologique sur ce corpus a été entamée afin de mieux caractériser ces styles ;
- une approche pour la modélisation des styles a été mise en place, en commençant par la génération automatique des paramètres du modèle de F0. En se basant sur le corpus établi, une extraction des paramètres de F0 et des contextes liés à la partition permet la construction d'arbres de décisions. Ces arbres sont ensuite utilisés afin de prédire les paramètres les plus appropriés pour des contextes liés à une nouvelle partition ;
- le développement de deux nouveaux algorithmes d'estimation de l'enveloppe spectrale pour la voix chantée. Ces algorithmes tirent profit du balayage de l'enveloppe spectrale induite par le vibrato, grâce à une analyse multi-frames ;
- une pré-étude pour la production de l'effet growl, avec une approche par modulation d'amplitude ;
- la collaboration avec le compositeur Arnaud Petit s'est poursuivie par l'enregistrement d'une nouvelle base de données avec la chanteuse Éléonore Lemaire et la production de nouvelles synthèses, en vue de la création d'un opéra début 2017 ;
- le développement d'un nouveau moteur de synthèse (PAN) basé sur une modélisation paramétrique de la source glottique. Celui-ci apporte notamment de nouvelles possibilités pour les transformations du timbre (intensité et qualité vocale).

En 2015, les principaux objectifs porteront sur la poursuite des travaux sur la modélisation des styles, en appliquant l'apprentissage aux autres paramètres tels que les durées de phonèmes et l'intensité qui devra être modélisée de façon adéquate. L'estimation des paramètres de la source glottique devra être améliorée pour les voix de femmes aigües, nécessaires notamment pour le nouveau moteur de synthèse PAN. Les transformations de hauteur et d'intensité pourront être améliorées par la mise en place de nouvelles méthodes de manipulation de l'enveloppe spectrale, et l'étude d'une approche par règles. Le nouveau synthétiseur PAN apporte également de nouvelles possibilités pour la production de l'effet growl, qui pourront être étudiées. La collaboration entamée sur l'opéra d'Arnaud Petit sera également poursuivie.

#### Classification des stéréotypes de la voix pour le casting vocal

*N. Obin, collaboration Dubbing Brothers, janvier 2015 - décembre 2015*

En prolongement des recherches initiées sur la recherche

de voix par similarité pour le casting vocal dans le projet FEDER Voice4Games (2011-2014), les travaux de recherche ont consisté à approfondir le système de casting vocal basé sur la classification multiple des stéréotypes de la voix. Notamment, des architectures profondes ont été mises en œuvre pour la représentation acoustique de la voix et la classification automatique de la voix : d'une part, le « deep scattering spectrum » est une représentation acoustique d'un signal audio qui permet d'extraire, par convolution, module et moyennage successifs, des informations acoustiques complémentaires et stables aux déformations (en temps et/ou en fréquence), d'autre part, les réseaux neuronaux profonds permettent d'extraire des « invariants acoustiques » complexes à partir de grandes bases de données, extrêmement efficaces pour la reconnaissance de formes et la classification des stéréotypes de la voix. Une version préliminaire du système de casting vocal a fait l'objet d'une cession de licence et est actuellement utilisé par la société française de doublage Dubbing Brothers.

#### Écoute artificielle pour la robotique humanoïde

*N. Obin, collaboration ISIR/UPMC, janvier 2015-décembre 2015*

L'équipe Analyse et synthèse des sons a initié une activité de recherche sur l'écoute artificielle en robotique humanoïde en collaboration avec l'ISIR (Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique) dans le cadre de projets étudiants du Master 2 « Sciences de l'Ingénieur » de l'UPMC. Le premier projet intitulé « Le robot musicien » a consisté à se familiariser avec l'environnement robotique et à l'écoute artificielle d'un robot humanoïde Nao pour lui permettre d'improviser de la musique en ligne avec des mouvements synchronisés sur la métrique de la musique, à partir de l'écoute en temps réel du flux sonore d'un musicien. Le second projet intitulé « Écoute binaurale pour la localisation de sources sonores par un robot humanoïde » a consisté à développer des méthodes de séparation et de localisation de sources sonores multiples au sein d'une scène sonore à partir des indices binauraux d'un robot Nao.

#### Analyse de la prosodie musicale pour l'étude des musiques populaires

*N. Obin, collaboration interne : J. Bresson (RepMus), collaboration externe : O. Migliore (thèse, RIRRA 21, université Paul Sabatier, Toulouse) - janvier 2015-décembre 2015*

Dans le cadre de la thèse en musicologie d'Olivier Migliore sur l'étude des musiques populaires françaises des années 80 (rap, ragga, punk), la mise en commun de travaux en analyse automatique de contenus audio et en représentations musicales ont contribué à l'élaboration d'un système semi-automatique d'extraction de la prosodie musicale dans des musiques populaires. L'ensemble des travaux est focalisé sur le rythme de la parole, ses diverses représentations acoustique et symbolique, et son degré de synchronisation avec la grille musicale. Une première étape de traitement semi-automatique de contenu audio a consisté à segmenter



le contenu musical (grille métrique, avec temps faibles et temps forts, ircamBeat), et le contenu vocal (avec ajout de transcription phonétique, syllabique, balises prosodiques, et indications musicales, AudioSculpt) d'un enregistrement de musique. Ces segmentations ont alors été combinées pour fournir une représentation symbolique de la partition rythmique de la voix (OpenMusic), et extraire un ensemble d'indices acoustiques de la voix (débit, degré de synchronisation entre la voix et la musique, distribution des syllabes accentuées dans la grille métrique, etc.). L'ensemble de ces représentations symbolique et acoustique a été alors utilisé pour étudier la prosodie musicale de musiques populaires françaises des années 80 (rap, ragga, punk).

### ■ Description des contenus musicaux

Responsable: Geoffroy Peeters

Les travaux relatifs à la description du contenu des échantillons audio et des morceaux de musique sont effectués dans le cadre des projets BeeMusic, SkAT-VG, du contrat UMG ainsi que de la thèse de Ugo Marchand et du stage de Master 2 de Quentin Fresnel.

Participants: Geoffroy Peeters, Enrico Marchetto (projet SkAT-VG), David Doukhan (projet BeeMusic), Kevin Perros (projet BeeMusic), Rémi Mignot (Projet BeeMusic), Quentin Fresnel (Stage Master 2), Ugo Marchand (Thèse)

Collaborations scientifiques:

LTU (projet BeeMusic), KTH (projet SkAT-VG), IUAV projet SkAT-VG)

Collaboration/ Contacts industriels:

Kantar-Media (projet BeeMusic), Musicoverly (Projet BeeMusic), Genesis (projet SkAT-VG), Stupeflix (Licence), UMG (Licence)

#### Apprentissage de descripteurs audio par Deep learning, application pour la classification en genre musical

Q. Fresnel [stage ATIAM], G. Peeters

La classification automatique en (reconnaissance automatique du) genre musical à partir du signal audio se déroule généralement en deux étapes. La première extrait un ensemble de descripteurs à partir du signal audio, la deuxième modélise la relation entre ces descripteurs et les catégories de genre par apprentissage machine (SVM ou autres).

Les descripteurs audio sont généralement créés manuellement à partir de connaissances de traitement du signal, de la perception humaine ou musicale (comme les MFCCs ou les Chromas).

Avec l'arrivée récente des approches par réseaux de neurones profonds et leur capacité à fournir des représentations de haut niveau, des travaux ont été menés pour tenter d'utiliser ces représentations comme des descripteurs

audio.

Lors de ce stage, nous avons étudié l'utilisation de réseaux de neurones non supervisés, les machines de Boltzman restreintes (RBM) concaténées (Deep Belief Network) pour l'apprentissage de descripteurs audio. Nous avons plus particulièrement étudié l'utilisation de RBM gaussiens (et non binomiaux). Pour la classification, nous avons étudié deux approches: Pour la première, le DBN est transformé en Perceptron Multi-Couches (algorithme supervisé de back-propagation) et un étage de softmax utilisé pour la classification. Pour la deuxième, les couches intermédiaires du DBN étaient utilisées en entrée d'un ensemble de SVM binaires. Après une ré-implémentation de l'état de l'art dans ce domaine (Philippe Hamel, 2009), nous avons étudié les améliorations apportées par:

- l'utilisation d'une transformée à facteur de Q-constant (au lieu de la DFT);
- l'utilisation d'analyse synchrone au premier temps (nous concaténons l'information des différents battements d'une mesure dans un vecteur unique). Ceci permet de rendre l'analyse invariante à la position (alternative aux réseaux convolutionnels);
- la «gaussianisation» des données en entrées des RBM-gaussien (à l'aide d'une transformée de type Box-Cox).

Ces contributions améliorent la qualité des résultats de reconnaissance (Recall de 48 %) par rapport à notre ré-implémentation de l'état de l'art (Recall de 42 %), sans pour autant égaler les performances publiées dans (Philippe Hamel, 2009) (Recall de 77 %).

#### Estimation des paramètres relatifs au rythme

U. Marchand [thèse], G. Peeters

Le rythme est, avec la mélodie et le timbre, l'un des aspects fondamentaux de la musique. La thèse de U. Marchand s'attèle à produire des paramètres descriptifs du rythme (comme il en existe déjà pour la mélodie et le timbre).

Début 2015, nous avons cherché, par une étude bibliographique dans différents domaines (musicologie, perception, neurobiologie, informatique), le meilleur moyen de représenter l'information temporelle d'un extrait musical. Nous avons aussi rédigé un rapport de thèse à mi-parcours, résumant toutes les avancées de la thèse jusqu'à mars 2015.

Nous avons ensuite développé un algorithme d'estimation automatique du facteur de swing dans la musique jazz. Afin de pouvoir évaluer quantitativement cet algorithme, nous avons annoté une base de données d'un millier de titres contenant du jazz, du blues, mais aussi de la musique classique et pop. Pour chaque morceau, nous avons annoté manuellement la position des temps, des mesures, et des croches swinguées. Notre outil d'estimation automatique du facteur de swing donne de bons résultats sur cette base, pour une tâche de reconnaître la présence de swing dans un morceau.

Enfin, nous avons poursuivi nos travaux sur la représentation invariante au tempo du signal mise au point précédemment (le Modulation Scale Spectrum). Nous avons cherché à en extraire des bases rythmiques à l'aide de différentes méthodes, comme le clustering, la décomposition en matrices non-négatives (NMF) où la «probabilistic latent component analysis» (PLCA).

#### Reconnaissance des imitations vocales

*E. Marchetto, G. Peeters [Projet Skat-VG]*

Le projet Skat-VG vise le développement d'outils pour le design sonore pilotés par la voix et le geste. Dans ce projet, les synthétiseurs sont sélectionnés à partir d'imitations vocales de différentes catégories de sons. Nous étudions donc la reconnaissance automatique de ces catégories à partir des imitations. Pour cela, chaque catégorie est illustrée par 2 exemples de sons chacun imité par 52 sujets. Le fait de ne pas observer directement ces sons (comme dans une tâche habituelle de reconnaissance de catégories) mais des imitations de ces sons complexifie grandement la tâche : pour un même son, les imitations peuvent varier grandement d'un sujet à l'autre (grande variabilité intra-classe), un même sujet peut également produire la même imitation pour plusieurs classes (forte dépendance des imitations envers le sujet). Ce type de reconnaissance pose donc de nouveaux défis qui imposent l'élaboration de nouvelles stratégies. En 2015, trois approches ont été étudiées :

- une première repose sur un ensemble de descripteurs morphologiques utilisés ensuite pour un apprentissage par SVM. Les descripteurs morphologiques sont des algorithmes d'analyse créés manuellement mettant en évidence des propriétés de haut niveau du signal audio (profils temporels, présence et vitesse de répétition etc.);
- une deuxième approche repose sur la fusion des comparaisons par DTW des séries temporelles d'un ensemble de descripteurs de bas niveau ;
- une troisième approche (en cours de développement) vise à identifier automatiquement les «primitives» vocales utilisées. Ceci permettra de décomposer une imitation sur une base de «primitives» vocales pour en déduire ensuite la relation entre catégories et «primitives» vocales.

#### Classification mono-label, multi-labels

*D. Doukhan, G. Peeters [projet Bee Music]*

En 2015, l'environnement d'apprentissage machine audio ircamclass a été totalement réécrit afin de faciliter sa pérennisation (maintien et facilité d'utilisation). Ircamclass est toujours écrit dans l'environnement Matlab mais, suivant les évolutions récentes de Matlab, est maintenant architecturé sous forme d'un ensemble de classes. Ceci

permet de :

- assurer la cohérence des variables à travers la chaîne de traitement extraction, traitement, apprentissage ;
- réduire globalement le nombre de fonctions par l'utilisation d'héritage entre classes ;
- faciliter la création de chaîne de traitement complexe impliquant des traitements en série et en parallèle. Ceci est obtenu par la surcharge des opérateurs.

Le passage à l'échelle (big-data) des traitements (extraction et entraînement) a également été réécrit et repose maintenant sur une communication bidirectionnelle entre le serveur et les clients (la librairie MPI est utilisée dans le sens serveur vers client, les sockets Java dans le sens client vers serveur).

Ce nouveau système a été utilisé dans le cadre du projet BeeMusic, pour l'entraînement des genres (base SNEP) et humeur (base Musicoverly).

#### Identification audio et dédoublement de collections audio

*R. Mignot, G. Peeters, K. Perros [Projet Bee Music]*

En 2015, deux axes de recherche ont été développés concernant l'identification audio pour le dé-doublement de larges bases de données.

Le premier concerne l'optimisation du système développé en 2014 reposant sur la méthode de fingerprint AudioPrint et le moteur de recherche Apache SOLR/Lucene :

- deux méthodes de hachage sont maintenant utilisées afin d'améliorer la robustesse à la quantification ;
- le coût de recherche a été grandement réduit par réduction de la taille de l'index. Pour cela, l'étude de la discrimination fournie par chaque clef a été effectuée et seules les clefs discriminantes sont gardées ;
- finalement, un algorithme garantissant l'homogénéité temporelle des clefs a été développé afin de permettre la distinction entre version chantée et instrumentale.

Le deuxième axe concerne le développement d'un nouveau code de fingerprint améliorant la discrimination et la robustesse aux dégradations. Le nouveau code repose sur une modélisation jointe temps/fréquence et l'apprentissage machine afin d'apprendre sur une large base de données, les transformations rendant les codes plus robustes aux dégradations et plus discriminants entre titres musicaux. Des points d'ancrage sont d'abord déterminés. À partir de ces points d'ancrage, le signal audio est représenté de manière conjointe en temps et en fréquence. Le code résultant est ensuite transformé à l'aide d'un ensemble de transformations de manière à le rendre plus robuste aux dégradations, et plus discriminant entre titres musicaux. Ces transformations résultent d'un apprentissage supervisé sur un ensemble de plus de 300 dégradations artificielles (time-stretching, pitch-shifting, filtering, compression, added background noise, réverbération) appliquées à une large base audio (50 000 titres). Le code transformé est finalement binarisé et représenté dans la base de données en utilisant une technique de type LSH (Local

Sensitive Hashing).

### ■ Équipe-projet Systèmes et Signaux Sonores (S3)

*Permanents : T. Hélie, D. Roze*

*Doctorants : D. Bouvier, A. Falaize, N. Lopes, R. Muller*

*Stagiaire : A. Deschamps*

Cette équipe-projet a été créée en 2015. Elle développe des outils théoriques et expérimentaux pour modéliser, simuler, identifier et optimiser les systèmes multi-physiques et traiter les signaux sonores qu'ils produisent.

Sa spécificité est d'intégrer dans ses recherches l'ensemble des disciplines scientifiques touchées par l'analyse/synthèse sonore d'instruments de musique et des systèmes audio ou producteurs de sons. Elle forme un trait d'union entre les activités de l'équipe Analyse et synthèse des sons et celle d'Acoustique instrumentale.

(cf. également la partie S3-Acoustique Instrumentale)

#### Classes d'amortissements pour la synthèse réaliste et le morphing sonore physiquement sensé : formulation hamiltonienne à ports

*T. Hélie, Projet ANR HAMECMOPSY, Collaboration externe :*

*D. Matignon (ISAE-SUPAERO), janvier-décembre 2015*

Dans de nombreux cas, les vibrations des instruments de musique peuvent se décomposer sur des modes spatiaux (aussi appelés fonctions propres ou encore déformées modales). Ce type de décomposition bien connue est naturel pour les résonateurs linéaires (tubes, cordes, poutres, plaques, etc.) et est largement exploité en synthèse modale (logiciel Modalys, par exemple). Les déformées modales sont associées à des résonances idéales (oscillation infinie à une fréquence propre donnée) pour les problèmes conservatifs, et amortie pour les problèmes dissipatifs. La structure des amortissements a un impact important sur le timbre et le réalisme sonore.

Pour un problème conservatif donné, une première classe d'amortissements paramétriques linéaires qui préservent la structure propre a été établie. Cette classe généralise celle dite « de Caughey » au cas de systèmes de dimension infinie, incluant les équations aux dérivées partielles dans des domaines bornés. Elle permet de reproduire plusieurs comportements (poutre en métal, verre, bois par exemple). Une classe plus générale a ensuite été élaborée, qui préserve encore la structure propre, tout en permettant des comportements non linéaires. Il devient alors possible de concevoir avec peu de paramètres des synthèses sonores d'instruments dont les propriétés mutent avec la dynamique. Une application concerne la génération de « morphings sonores physiquement sensés » tels que le comportement mute du métal vers le bois en fonction de l'énergie stockée dans le matériau.

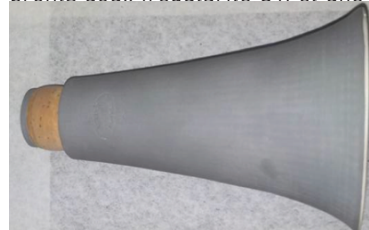
Ces classes d'amortissements ont été portées dans le cadre des Systèmes Hamiltoniens à Ports. Cette formulation permet alors de produire des simulations qui pré-

servent le bilan de puissance et la passivité du système.

#### Optimisation de profils de pavillons et réalisation par prototypage 3D

*T. Hélie, Collaboration externe: M. Jousserand (Buffet Group), A. Guilloteau (LMA UPR7051, Marseille), projet ANR Cagima, janvier-décembre 2015*

Un modèle paramétrique de tube acoustique pour des profils doux (régularité C1) et une méthode d'optimisation



sur des impédances cibles ont permis d'élaborer un outil pour la construction d'un pavillon optimisé, fourni par le facteur de clarinette Buffet Group

Cette méthode a permis de construire un pavillon acoustiquement équivalent à un pavillon cible fourni par le constructeur Buffet Group sous la contrainte d'avoir un nouveau diamètre et une pente de profil parfaitement nulle à l'entrée. Ce pavillon adaptable à un nouveau corps de clarinette a été réalisé sur une imprimante 3D et est en cours d'essai.

#### Approche passive pour la modélisation, la simulation et l'étude d'un banc de test robotisé pour les instruments de type cuivre

*Thèse SMAER de N. Lopes, direction T. Hélie en collaboration avec R. Caussé, équipe Acoustique instrumentale), projets*

*ANR Cagima et HAMECMOPSY, octobre 2012-2015*

Cette thèse s'inscrit dans le contexte de la robotique, de l'automatique et de l'acoustique musicale. Elle propose une étude d'un banc de test robotisé pour le jeu des instruments à vent de type cuivre. Cette étude se décompose selon trois volets : la modélisation passive du système, sa simulation, et son développement.

La modélisation est faite en suivant le formalisme passif des systèmes hamiltoniens à ports. Les éléments principaux composant le système sont : l'alimentation en air pour le souffle, l'excitateur composé de deux lèvres et d'un jet d'air, et un résonateur acoustique. Le résonateur acoustique utilisé dans ce travail est un trombone à pistons. Un nouveau modèle de jet d'air généré entre les lèvres est proposé. Ce modèle a pour but de restituer un bilan de puissance plus proche de la réalité physique que

les modèles couramment utilisés. Des raffinements sont ensuite construits autour de ce jet afin d'obtenir un modèle complet auto-oscillant.

Pour la simulation, la méthode du gradient discret est présentée. Cette méthode permet d'obtenir une description en temps discret qui vérifie les bilans de puissance, et donc la passivité lors de la simulation. Elle ne permet pas, en général, de garantir l'existence et l'unicité d'une solution. De plus, elle est limitée au second ordre de consistance numérique, et son exécution nécessite des algorithmes d'optimisation non linéaire gourmands en temps de calcul. Pour pallier ces limitations, une méthode à plusieurs étapes de type Runge-Kutta double et basée sur un changement de variable a été proposée. Des résultats de simulations sont interprétés et comparés à ceux issus d'un modèle contenant un jet construit autour d'une équation de Bernoulli stationnaire.

Enfin, la machine ainsi que les développements techniques effectués au cours de la thèse ont été présentés. Ces développements sont à la fois de types informatique et mécanique. Ils permettent la mise au point d'expériences de cartographies répétables et peuvent être utilisés pour caractériser différents instruments de musique. Des résultats expérimentaux et de simulation ont été comparés. Pour ce faire, les paramètres du modèle sont préalablement estimés par un filtrage de Kalman. Les comparaisons permettent de mettre en avant les défauts et les qualités du modèle proposé et orientent vers des choix futurs pour la modélisation et le développement de la machine.

#### Synthèse sonore par modélisation physique préservant la passivité et inversion entrée-sortie

*Thèse EDITE d'A. Falaize, direction : T. Hélie, projet ANR Hamecmopsys, octobre 2012-2015*

Les systèmes audio incluent les instruments de musique traditionnels (percussions, cordes, vents, voix) et les systèmes électro-acoustiques (amplificateurs de guitares, pédales d'effets, synthétiseurs analogiques). Ces systèmes multi-physiques possèdent une propriété commune : hormis les sources d'excitation (les générateurs), ils sont tous passifs. Dans ce travail, nous exploitons cette propriété pour construire automatiquement des modèles physiques, des codes temps réel et des lois de commande pour la description, la simulation et la transformation/correction de systèmes audio.

La propriété de passivité est étroitement liée à un principe physique : la conservation de l'énergie. Ce concept se retrouve notamment pour les systèmes conservatifs en mécanique analytique, où l'énergie est un invariant géométrique des équations du mouvement, appelé Hamiltonien. Des méthodes très efficaces existent pour la modélisation et la simulation de tels systèmes. Cependant, les systèmes audio sont amortis (cause de l'évolution du timbre en régime libre jusqu'à l'extinction du son), et nous utilisons dans ce travail un formalisme généralisant ces idées, en

permettant d'intégrer des amortissements, de considérer des entrées, et de connecter plusieurs systèmes entre eux tout en respectant les bilans énergétiques. Il s'agit des «Systèmes Hamiltoniens à Ports» (SHP), introduits en automatique et théorie des systèmes au début des années 1990. Un SHP est un système dynamique structuré en éléments stockant de l'énergie, en éléments dissipatifs et en éléments sources, et pour lequel un bilan de puissance est garanti de facto.

En exploitant le fait que la connexion de systèmes décrits dans ce formalisme préserve explicitement la dynamique de la puissance dissipée de l'ensemble, une méthode automatique de modélisation d'instruments complets à partir de modèles élémentaires rassemblés dans un dictionnaire a été proposée. Ensuite, une méthode numérique préservant la structure des SHP a été développée, et garantit un bilan énergétique à temps discret (et donc la stabilité des simulations), compatible avec le temps réel (particulièrement dans sa version explicite aboutie cette année). Ces outils ont été appliqués avec succès à la modélisation et la simulation d'un piano électromécanique Fender Rhodes, présenté en décembre à la conférence DaFX15. Finalement, la structure SHP a été mise à profit pour proposer une méthode d'inversion de modèle et de génération automatique de loi de commande pour la planification de trajectoire. Cette méthode repose sur l'encodage dans les SHP de la structure d'interconnexion des différents éléments, et a été appliquée avec succès en simulation à la correction des non-linéarités d'un haut-parleur électrodynamique et présenté en août au congrès français des mécaniciens. L'ensemble de ces résultats a été rassemblé dans une librairie Python qui génère automatiquement le code C++ de simulation/correction en temps réel.

#### Estimation des paramètres physiques d'un haut-parleur électrodynamique dans le formalisme des Systèmes Hamiltoniens à Ports : application au haut-parleur électrodynamique

*Projet de fin d'étude ENSEA d'A. Deschamps, encadrement : A. Falaize, T. Hélie, collaboration externe : P. Lotton, L. Simon, A. Novak, B. Maillou (Laboratoire d'acoustique de l'université du Maine, Le Mans), mars-septembre 2015*

Les haut-parleurs électrodynamiques incluent des non-linéarités (raideur de la suspension, comportement magnétique du moteur, effets d'échauffement) qui sont responsables de distorsions audibles. Un modèle physique incluant l'ensemble de ces phénomènes a été proposé au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons, dans le formalisme des systèmes hamiltoniens à ports (SHP). Ce formalisme décompose les systèmes physiques en parties conservatives, dissipatives et sources, garantissant ainsi un bilan de puissance équilibré. Ceci garantit en retour la passivité (et donc la stabilité) du système à temps continu, et à temps discret pour une méthode numérique adaptée. Une méthode de compensation des non-linéarités a été

développée à partir de l'inversion de ce modèle de haut-parleur. Pour appliquer efficacement cette méthode de compensation sur un système réel, une estimation fine des paramètres du modèle est nécessaire. La difficulté de cette étape réside dans le caractère fortement non linéaire du système. La méthode proposée dans ce travail repose sur deux ingrédients: a) une méthode de Monte-Carlo séquentielle (ou filtrage particulaire) pour l'estimation de l'état dynamique à partir de mesures sur le système réel (observateur), et b) une méthode de maximisation de la vraisemblance des paramètres étant donné les sorties du modèle simulé et du système réel (estimateur). Ces méthodes standards ont été adaptées à la structure SHP afin de préserver la passivité pour tout jeux de paramètres. L'efficacité du filtrage particulaire pour l'observation a été montrée en simulation. Les perspectives directes de ce travail sont :

- l'optimisation des codes informatiques pour un fonctionnement temps réel;
- l'application effective à l'estimation des paramètres pour un haut-parleur donné.

#### Identification de systèmes sonores non linéaires pour l'analyse, la transformation et la synthèse expressive

Thèse EDITE de D. Bouvier, direction : T. Hélie, D. Roze, octobre 2015-en cours

L'objectif est d'élaborer une (ou des) méthode(s) pour identifier et reproduire soit des systèmes sonores (haut-parleurs, amplificateurs non linéaires, etc.) à partir de mesures, soit des générateurs de sons instrumentaux contrôlés par la hauteur et la nuance (à partir de bases de données de sons indexés). On veut aboutir à un générateur automatique de code de simulation temps réel (typiquement, un traducteur en langage FAUST, cf. <http://faust.grame.fr/>).

L'ambition est de traiter des non-linéarités ne portant pas exclusivement sur l'entrée (modèle dit de « Hammersstein généralisé ») pour lequel une méthode robuste fondée sur un balayage fréquentiel à progression exponentielle est disponible, voir les travaux d'A. Farina [université de Parme], A. Novak [université du Mans], M. Rébillat [CNAM] et coll.) mais aussi ceux écrit sur l'état du système, cas le plus répandu en physique.

Les travaux effectués se focalisent sur l'identification (non paramétrique) de systèmes mono-entrée/mono-sortie représentables en série de Volterra, en élaborant une nouvelle classe d'excitations (paramétriques) qui satisfont

des propriétés exploitables pour séparer les contributions non linéaires par ordre d'homogénéité. La méthode est en cours d'étude sur un modèle simulé de haut-parleur électrodynamique à non-linéarité mécanique portant sur l'état (suspension). Des applications directes portent sur: 1) l'identification et la reproduction réaliste de systèmes physiques sonores impliquant des phénomènes dont les lois sont mal connues; 2) le contrôle expressif de sons synthétiques à timbre réaliste en fonction de la hauteur et de la nuance; 3) la génération de nouveaux sons expressifs par extrapolation ou par interpolation.

#### Élaboration d'un environnement virtuel pour le traitement analogique audio: approche par les Systèmes Hamiltoniens à Ports (Analog Audio Designer)

Thèse EDITE de R. Muller, direction : T. Hélie, décembre 2015-2020

Les premiers travaux de cette nouvelle thèse se sont focalisés sur l'étude de la réjection du repliement spectral généré par les non-linéarités. L'approche proposée repose sur l'étude de schémas numériques donnant accès à une représentation paramétrique par morceaux des trajectoires à temps continu afin de leur appliquer un filtrage passe-bas combiné à un ré-échantillonnage directement au sein de la méthode d'intégration numérique.

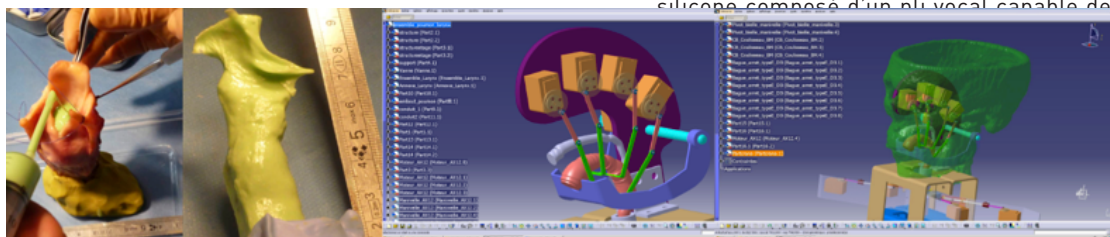
#### Projet VoiceTronics5 (2014-15) et MorphoVoice (2015-16)

T. Hélie, collaborations internes : D. Roze, A. Terrier, collaborations externes : P. Badin (GIPSA-lab), A. Lagier (LPL, Aix Marseille 2, Hôpital La Conception), Tronc Commun École des Mines-ParisTech

Ce projet vient compléter les travaux sur la bouche artificielle robotisée pour le jeu des cuivres. Il est soutenu par les projets ingénieurs de mécanique de l'École des Mines-ParisTech et par le projet PEPS-Larynx.

Il s'agit de reproduire un appareil vocal complet (larynx et conduit vocal pour le projet VoiceTronics5 2014-15, amélioration du réalisme et ajout de poumons pour MorphoVoice 2015-16) capable d'auto-oscillations et de co-articulations contrôlées sur des maquettes robotisées à l'échelle 1:1. L'objectif de ce projet est de se rapprocher de configurations de plus en plus morpho-réalistes.

La maquette construite en juin 2014 contient (voir figure ci-après, de gauche à droite): (un conduit vocal à section circulaires (buccal+nasal) simplifié inscrit dans une demi-tête (coupe sagittale) à mandibule articulée; un larynx en silicone composé d'un pli vocal capable de vibrer et d'un conduit vocal et un dispositif de mesure au repos.



Moulage de larynx [A. Lagier, A. terrier, T. Hélie] utilisé comme référence pour la construction d'un larynx artificiel robotisé et développement sous CATIA de la maquette du projet VoiceTronics5

## ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	10	Revue à comité de lecture	9	Nationaux et régionaux  Inedit, Efficace, DYCI2, RNSC, SynBioTIC, Chronos,	6	Grame, CIRMMT, McGill U., UNICAMP, USP, BEK, CNMAT, CCRMA, INRIA, C4DM/QMUL, LIRMM, IReMus, GRM, Collège de France, U. Paris-Est, Thalès, ENS ULM et Lyon, UCSD, UCB, U. Evry, U. of Nagoya, U. Salzburg, UPMC, Sorbonne Universités, EHESS, U. Minnesota, UJV Picardie, National Institute of Informatics Tokyo	P. Manoury, P. Leroux, C. Stroppa, C. Trappani, J. Freeman, A. Einbond, L. Morciano, J. Kapuscinski, J.-M. Fernandez, J. Mc Callum, B. Lubat, R. Fox, ONJ, Muse en circuit, M.A. Magalhaes, D. Beuret, G. Holbrook, H. Sellin		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	8	Conférences avec comité de sélection	26	Internationaux  LetiBe  SSHRC Orchestration	2				
Doctorants	15	Ouvrages et chapitres	7	Contrats industriels					
Stagiaires	6	Thèses de doctorat et HDR	3						

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, à la performance et à l'analyse. Notre expertise s'étend au domaine de l'interaction, qu'il s'agisse de fournir des technologies pour l'interaction improvisée, comme modèle de créativité, ou d'étudier plus généralement, en collaboration avec les équipes spécialisées, l'articulation des approches formelles, cognitives, et audio-numériques, dans une approche multi-échelles qui nous semble aujourd'hui inévitable pour envisager la complexité musicale. Une série de thématiques liées à l'écriture (du son, du temps, de l'espace, de l'orchestration, de l'interaction) opèrent la jonction entre concepts fondamentaux et technologies diffusables auprès des créateurs, depuis les méthodes formelles et les langages de programmation spécialisés, jusqu'aux architectures pour l'écoute, la synchronisation et l'interaction créative. Les fondements mathématiques, musicologiques et cognitifs posent un cadre théorique qui sert de forge à concepts et donne une profondeur de champ à la recherche technologique. Ainsi, programmation spatiale, langages formels, géométrie de l'information ou algèbres et logiques musicales fournissent-ils des sources d'inspiration et des paradigmes de pensée fertiles.

L'équipe intègre une équipe-projet commune de l'UMR (Inria, Ircam, CNRS), MuTant (resp. Arshia Cont). Ce projet enrichit l'équipe de technologies de reconnaissance et de programmation temps réel et synchrone des signaux musicaux et interagit avec la plupart des thématiques de

l'équipe portant sur l'écriture, l'interaction et l'ingénierie des langages informatique, notamment à travers le projet ANR fédérateur Inedit.

Ces projets scientifiques et technologiques sont replacés dans une perspective globale, musicale, cognitive et culturelle, à travers un intérêt pour et des collaborations avec les SHS, notamment dans le cadre de projets nationaux, en examinant 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 ensemble culturel. Ils interagissent naturellement avec la création, et l'équipe accueille désormais trois thèses recherche et pratique en composition (deux thèses Sorbonne Universités/Ircam, une thèse du CNSMDL et du SaCRE [CNSMDP]). La créativité (naturelle et artificielle) devient ainsi un thème prioritaire transverse à tous les projets.

### ■ Représentations, formalisations et langages

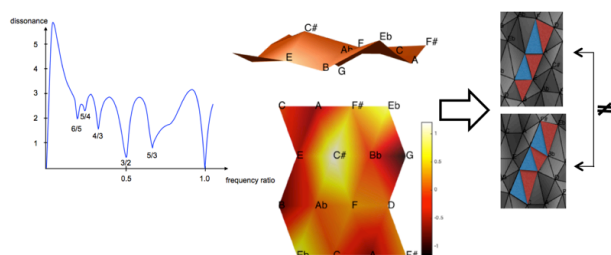
La recherche en analyse assistée par ordinateur (AAO) vise à articuler les différentes représentations (symboliques, géométriques et visuelles), les formalisations (en particulier les formalisations algébriques) et les langages de programmation, en contribuant ainsi au développement d'une démarche computationnelle en musicologie. Cet axe de recherche constitue la suite naturelle du projet MISA (Modélisation informatique des structures algébriques en musique) dans trois dimensions principales : nouvelles approches logiques, topologiques et géométriques, nouveaux problèmes ouverts en mathématiques, et applications en analyse musicale computationnelle avec notamment un intérêt pour les applications aux musiques populaires.

## Nouvelles approches logiques, topologiques et géométriques

### Topologie algébrique et analyse musicale computationnelle

Cette recherche s'inscrit dans la continuité de la thèse de L. Bigo et a été menée par Mattia Bergomi dans le cadre de sa thèse (en cotutelle avec l'UPMC et l'université de Milan). Jusqu'à présent, la majorité des travaux visant à aborder l'analyse musicale d'un point de vue mathématique ont recours à des approches algébriques, ou empruntés à la théorie des catégories. Par ailleurs, le signal audio s'est révélé constituer un centre d'intérêt particulier en informatique aboutissant à la fondation du Music Information Retrieval (MIR).

Les algorithmes utilisés pour l'analyse de signaux audio proviennent fréquemment d'applications initialement développées pour le traitement d'images. Cet axe de recherche propose d'appliquer à l'analyse et la classification musicale des outils issus de la topologie et conçus pour l'analyse de formes complexes et de données. En particulier, l'intérêt porté par la communauté mathématique à la persistance topologique a augmenté de manière surprenante au cours de la dernière décennie. Ce domaine, qui trouva sa première application en vision artificielle, fournit des outils rigoureux pour s'attaquer au problème de la comparaison des formes, grâce à une représentation métrique de leurs propriétés géométriques et topologiques.



Tonnnetz dynamique et anisotrope obtenu à partir d'une fonction consonance. Ce Tonnnetz permet de distinguer des modes (modes ionian et locrian) par leur forme (shape) dans le Tonnnetz anisotrope, ce qui ne serait pas possible de faire dans le Tonnnetz traditionnel

### Environnement, modélisation et singularisation : à la recherche d'un territoire compositionnel

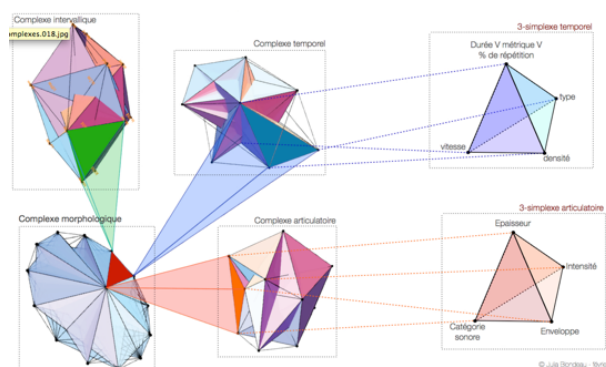
Thèse recherche et pratique/composition de J. Blondeau, Sorbonne Universités/Ircam, direction J.-L. Giavitto (CNRS-Ircam) et D. Pradelle (u. Paris-Sorbonne), 2014-2017

Une des directions de recherche de la thèse de Julia Blondeau porte sur des manières d'organiser le matériau compositionnel à travers des structures topologiques et de penser par cela à la façon dont la question de la multiplication des paramètres à prendre en compte pourrait être résolue. Ces structures sont susceptibles de représenter un environnement compositionnel dans lequel des rapports de continuité, de voisinage et de distance peuvent amener à repenser la liaison entre forme et matériau. L'utilisation

des complexes simpliciaux permet d'envisager des espaces multidimensionnels permettant d'intégrer diverses familles de paramètres et ainsi de pouvoir considérer des types de voisinages différents.

Les outils développés depuis 2013 ont été utilisés lors du travail de composition préliminaire de « Tesla ou l'effet d'étrangeté ». Le travail de cette année a visé à intégrer certaines fonctions de recherche de chemins dans le système Antescofo, ouvrant à la fois et la possibilité théorique de développer le matériau en ligne, associé à des contraintes temporelles, et celle d'un accompagnement génératif. Ces nouvelles possibilités restent encore à évaluer.

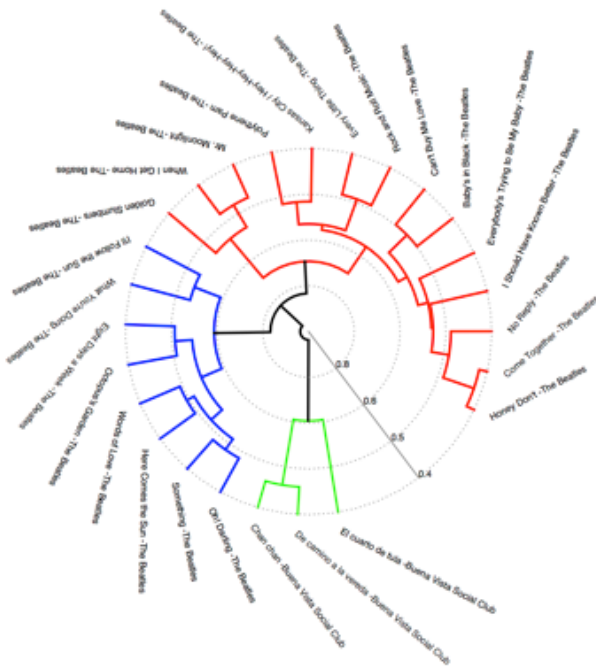
Une autre direction de recherche porte aussi sur l'écriture de l'électronique dans le contexte de la musique mixte en relation avec l'étude des différents types de synchronisation poursuivie par José Echeveste (dans le cadre du projet Antescofo, avec également Arshia Cont et Jean-Louis Giavitto). Cela nous permet de réfléchir à une zone hybride entre composition et interprétation dans laquelle la spécification du type de synchronisation implique certaines questions musicales sur la notion de phrasé. Les études menées cette année ont amené à proposer de nouveaux mécanismes pour la définition expressive de phrasé qualitatif. Les implantations correspondantes, qui représentent un grand effort de développement, ont débuté à l'automne et devraient être finalisées au second semestre 2016.



Complexes simpliciaux interavalliques, temporels et articulatoires

### Math'n Pop

Plusieurs initiatives autour de l'étude des modèles formels et computationnels dans la popular music ont marqué l'année 2015 et, en particulier, l'application des outils géométriques et topologiques (compliance, homologie persistante,...) au problème de la classification automatique. Notre participation au 5<sup>e</sup> Worskhop International sur l'analyse de la musique Folk (UPMC, 10-12 juin 2015) a été l'occasion de tester la robustesse de ces techniques (ainsi que d'autres modèles informatiques, tel le modèle système/contraste de l'équipe de F. Bimbot à l'Irisa de Rennes) dans l'analyse automatique des chansons des Beatles et du Buena Vista Social Club. La figure suivante montre une représentation en forme de dendrogramme permettant de différencier ces deux corpus de musique pop et folk.



Dendrogramme obtenu à partir d'une analyse géométrique et topologique des chansons des Beatles et du Buena Vista Social Club

*Math, Musique & Informatique: conjectures ouvertes en mathématiques et nouvelles approches catégorielles en analyse transformationnelle*

Aux conjectures ouvertes en mathématiques sont consacrées deux thèses en cours dans l'équipe, une première sur les pavages et mosaïques en musique et une deuxième, qui a démarré en septembre 2014, consacrée à la théorie de l'homométrie. Parallèlement, la collaboration avec les mathématiciens Andrée Ehresmann et Alexandre Popoff a permis d'obtenir les premiers résultats dans la généralisation de l'analyse transformationnelle via la théorie des catégories.

*Pavages et mosaïques en musique*

Thèse H. Caure UPMC/Ircam, direction M. Andreatta et J.-P. Allouche

La thèse vise à étudier les outils algébriques pour l'étude des canons rythmiques mosaïques et lien avec des conjectures ouvertes en mathématiques. L'année 2015 a été dédiée à la généralisation d'un théorème, permettant de passer d'un temps linéaire pour la complétion des canons de Vuza compacts modulo 2 à un temps logarithmique.

*Théorie de l'homométrie en musique*

Thèse G. Genuys, UPMC, direction J.-P. Allouche et M. Andreatta

La théorie de l'homométrie est née il y a un peu moins d'un siècle à partir d'un problème posé par la cristallographie: peut-on retrouver la structure d'un cristal à partir des motifs de diffraction obtenus par rayons X? S'il est possible de mesurer l'intensité de la transformée de Fourier de la structure du cristal, une information manque: la phase de cette transformée de Fourier. Peut-on malgré tout reconstituer la structure du cristal initial? Cette théorie a connu une réelle expansion et est utilisée dans de multiples domaines, notamment en musicologie, ce qui fait l'objet de la thèse. La question est alors de savoir si l'on peut reconstruire un ensemble de notes (typiquement une mélodie, un accord, etc.) à partir d'informations sur les sous-ensembles qui le composent (les intervalles harmoniques). Après une première année consacrée essentiellement à une étude bibliographique de ce domaine, en particulier en ce qui concerne l'utilisation de la Transformée de Fourier discrète (DFT), l'année 2015 a permis d'étudier les liens entre le sujet de la thèse et d'autres domaines, tels les systèmes dynamiques et les systèmes évolutifs à mémoire (SEM).

*Généralisation des réseaux de Klumpenhouwer via la théorie des catégories*

Axe de recherche mené en collaboration avec A. Ehresmann (mathématicienne, université d'Amiens) et A. Popoff (mathématicien et musicologue)

L'analyse musicale transformationnelle a plusieurs branches qui se prêtent tout naturellement à être étudiées avec la théorie des catégories. L'année 2015 a vu arriver les premiers résultats d'un travail de généralisation des réseaux de Klumpenhouwer (K-nets) qui a permis d'obtenir une nouvelle construction, les Poly-K-nets (ou PK-nets). Cette nouvelle théorie permet de résoudre certaines inconsistances des K-nets, en particulier la sensibilité d'un réseau aux types de transformations choisies pour étiqueter les flèches du graphe. Deux K-nets ayant les mêmes nœuds pouvaient être isomorphes (ou isographes) ou pas selon le choix des transformations associées. Avec la notion d'isographie complète, deux K-nets restent isographes pour tout étiquetage des flèches du réseau. De plus, dans le cas d'une isographie non complète, la modélisation informatique permet de décomposer l'isographie en question dans le produit d'une isographie complète et d'une isographie traditionnelle (qu'on appelle locale).

Analyse et Modélisation

Un volet de la recherche en AAO est consacré au projet de modélisation de partitions et simulation de processus compositionnels qui fait l'objet actuellement de la thèse



de Charles de Paiva Santana (en cotutelle UPMC / université de Campinas, co-direction M. Andreatta et J. Bresson). Tsubasa Tanaka, post-doc formé à l'université de Tokyo explore de nouvelles méthodes d'analyse numérique pour modélisation et la génération de partitions.

*La pièce musicale comme événement d'un système complexe, ouvert et modélisable : un cas de musicologie assistée par ordinateur*

*Thèse de C. de Paiva, UPMC/Campinas/IRD Programme doctoral international modélisation de système complexe*

La thèse de Charles de Paiva Santana vise à une exégèse de certains travaux d'analyse et modélisation comme ceux menés par André Riotte et Marcel Mesnage, confrontés à d'autres écoles de pensée musicologique et des outils informatiques contemporains. Modéliser une partition signifie modéliser le processus de composition par un algorithme permettant de reproduire soit la pièce musicale originale soit ses variations. La simulation informatique, à son tour, peut reconstruire des sections d'une partition musicale ou, dans des cas exceptionnels, son intégralité. À travers un jeu de paramètres différents, des variations sont créées. Cette thèse s'appuie sur des analyses et modélisations originales de pièces du répertoire. L'élaboration d'un modèle est suivie par une exploration à des fins explicatives (analyse) ou spéculatives (création de processus similaires). Des exemples particuliers sont les modélisations élaborées à partir des œuvres de James Tenney (*Spectral Cannon for Conlon Nanarrow*), Pierre Boulez (certaines sections de *Messagesquise* et le troisième mouvement dans *Le Marteau sans maître*) et György Ligeti (*La première étude pour piano, Désordre*). Le travail sur Pierre Boulez a proposé l'élaboration d'un seul et simple principe capable de reproduire les exemples de multiplication d'accords trouvés dans «Penser la Musique Aujourd'hui» mais aussi le processus pré-compositionnel dans *Le Marteau* et les théories de Stephen Heinemann et Lev Koblyakov. Une équivalence algorithmique avec le principe de projections d'Howard Hanson a été aussi proposée. En 2015, l'exploration analytique et visuelle d'un espace d'instances (variations automatiques) a été le sujet d'une présentation à la conférence «Electronic Visualisation and the Arts (Towards a Borgesian Musical Space: An Experimental Interface for Exploring Musical Models», EVA 2015, Londres) pendant que la modélisation déterministe de *Désordre* a été le sujet d'une présentation à la conférence Sysmus 2015, Leipzig («Modeling, Simulating, Analysing: Audio Features in G. Ligeti's *Désordre*»).

*La représentation dans le cadre de la composition et de la musicologie assistée par ordinateur : de la raison graphique à la contrainte cognitive*

*Soutenance de habilitation à diriger les recherches (HDR) de M. Malt*

Mikhail Malt a soutenu, le 4 février 2015 à l'université de Strasbourg, son habilitation à diriger des recherches. Comme cela est d'usage en musicologie, il a présenté deux mémoires, son parcours de recherche et création et un mémoire inédit ayant comme sujet «La représentation dans le cadre de la composition et de la musicologie assistées par ordinateur». Le mémoire «Parcours de recherche et création», dans le cadre de la soutenance d'Habilitation à Diriger des Recherches, 96 p, résume les activités de Mikhail Malt, justifiant de l'HDR autour de l'axe «composition – modélisation», soutenu par la problématique de la représentation, ayant comme contexte son travail pédagogique.

Quant au mémoire inédit d'HDR «La représentation dans le cadre de la composition et de la musicologie assistées par ordinateur, De la raison graphique à la contrainte cognitive», 332 p., il s'articule autour d'une réflexion épistémologique du concept de représentation dans le cadre de la CAO aussi bien que de l'AAO.

Ce mémoire s'articule en trois parties et une conclusion finale. Dans la première partie, sont exposés les champs de travail de la CAO et de la MC. Les concepts de modélisation et de formalisation sont revisités et une formalisation du processus de représentation est proposée. Dans la deuxième partie, centrale, sont étudiées les «propriétés» des représentations et leurs corollaires. Une réflexion portant sur la notion de «représentation convenable» en est proposée. La troisième partie se compose d'une expérience sur l'influence des représentations sur nos actions dans le cadre de la composition. La partie finale, évaluera les thèmes traités en proposant quelques axes de recherche pour le futur.

*Étude méthodique de l'ensemble des dimensions constitutives de l'écriture du rythme et de leur perception*

*Thèse recherche et pratique/composition de K. Haddad, Sorbonne Universités/Ircam, direction : C. Agon (UPMC – Ircam) et J.-M. Chouvel (u. Paris-Sorbonne), 2015-2018*

Ce projet de thèse 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. Dans un premier temps nous avons commencé à mener la tâche de récolter les ressources existantes de nos travaux de développement antérieurs afin de nous pencher sans heurts sur les problématiques de recherche et expérimentation à venir. L'outil fondamental issu de cette phase préalable à notre recherche tient indubitablement dans le moyen de com-

munication entre la CAO (OpenMusic) et la partition. Nous avons déjà implémenté des codes pour la communication entre OM et les environnements d'édition musicale tel que Finale (à travers le format ETF qui n'est plus d'actualité) ou le format MusicXML (qui était sensé devenir le nouveau standard en la matière). Hélas, pour plusieurs raisons, ces formats ne nous semblent plus être une bonne approche pour l'expression et l'exploration de notre matériau rythmique complexe (polymétrie, mesures irrationnelles, polytempi, etc...). La solution était donc de se tourner vers un environnement pour la gravure musicale disposant de moyens nécessaires et suffisants pour notre recherche. La création d'un code sous la forme de librairie OM (code additionnel) s'est donc imposé et pris le nom de Omlily. Omlily est une librairie dédiée à la notation musicale pour l'environnement d'OpenMusic interfaçant avec le programme de typographie professionnelle Lilypond. Nous avons finalisé une version stable tout en augmentant significativement les fonctions de cette librairie : jusque là, cette librairie pouvait uniquement exporter le contenu de notation des éditeurs d'OM comme Voice et Poly vers un format Lilypond. Les fonctionnalités développées depuis sont les suivantes :

- automation du processus de rendu de la partition finale :
  - après une requête auprès du système opératoire, le programme localise le binaire lilypond installé ainsi qu'un programme candidat pour la lecture du document PDF ;
  - implémentation de préférences dans le panneau de configuration des Préférences d'OM ;
  - une fois évaluée, la fonction transmet les instructions nécessaires pour l'écriture du fichier .ly (fichier script Lilypond de notation semblable à LaTeX), compile ce fichier avec le binaire lilypond et ouvre le rendu (fichier PDF) avec le pdf reader choisi dans les préférences.
- export vers d'autres éditeurs dépourvus de notation rythmique tel que CHORD-SEQ et MULTI-SEQ ;
- import des fichiers .ly dans OpenMusic.

Ce dernier développement est le plus important en terme d'écriture de code.

Le code source de la librairie peut se trouver sur github à l'adresse suivante :

<https://github.com/karimhaddad/omlily.git>

Where the wind is weightless in the leaves  
pour Peter and Eve delectation

Karim Haddad  
2016-2017

#### *Generation of Musical Vocabularies for Emotional Expression and its Application to Algorithmic Composition*

*Post-doc de T. Tanaka, septembre 2014-septembre 2016, financement JSPS Japon*

Au cours de ses travaux de recherches l'année précédente (2014), Tsubasa Tanaka a proposé une approche originale et puissante pour l'analyse de musique polyphonique à l'aide de méthodes fondées sur la programmation linéaire en nombres entiers (integer programming). Cette approche permet de décomposer une pièce polyphonique en un petit nombre de classes de motifs, chacune des ces classes regroupant un motif musical ainsi que ses transformations de base (transposition, renversement, etc.). La spécification des motifs est reformulée sous la forme d'un problème de partitionnement avec contraintes.

En 2015, il a développé une méthode pour la visualisation des relations entre motifs, qui sont obtenus par la méthode précédemment exposée, à l'aide d'un diagramme de Hasse. Les éléments maximaux du diagramme révèlent des informations sur le rôle de chaque motif ainsi que sur leur aptitude à dériver la pièce entière. L'interprétation des résultats issus de cette analyse fournit des informations potentielles pour l'étude de la structure de la pièce et sur les aspects psychologiques et émotionnels induits par chaque motif.

En se basant sur la méthode de la programmation linéaire en nombres entiers ainsi que sur l'idée de représenter une pièce musicale à l'aide d'un vocabulaire constitué d'éléments locaux (accords, motifs rythmiques, etc.), il a proposé une méthode pour la génération de structures globales constituées par un vocabulaire donné. Cette formulation vise à générer des séries de motifs hiérarchisés associées à des caractéristiques globales et contrôlés par des règles de transition locale. Ce travail a été publié dans le cadre de la conférence MCM2015.

Par ailleurs, il a développé une méthode pour la génération de vocabulaires musicaux dans le cadre de travaux dodécaphoniques du compositeur Milton Babbitt reformulés en problème de satisfaction de contraintes. Les solutions de ce problème permettent d'une part la reconstruction algorithmique d'une partie du processus créatif du compositeur et d'autre part l'obtention d'un vocabulaire supplémentaire potentiel pour la composition. La complexité informatique du problème constitue le principal obstacle à l'obtention de ces solutions. Des recherches pour l'amélioration de cette méthode sont en cours.

#### Un compilateur NTCC pour le calcul concurrent en musique *Thèse de P. Talbot, UPMC, direction C. Agon*

La programmation concurrente par contraintes est un paradigme qui étend la programmation logique à la concurrence et aux contraintes. Tout en gardant un trait déclaratif,

elle permet l'exécution concurrente de plusieurs agents communiquant par le biais d'une mémoire partagée de contraintes. De nombreux problèmes musicaux pourraient profiter d'un tel langage, on peut donner l'exemple d'un orchestre de plusieurs instruments et d'un chef d'orchestre vérifiant certaines propriétés de rythmes et d'harmonicité sur la mémoire courante.

Au cours de cette année, l'aspect contraintes a été exploré au travers de l'étude et l'implémentation d'un solveur de contraintes sur les domaines finis et du framework SMT (Satisfiability Modulo Theories), ainsi que par la mise au point d'un algorithme de déduction : est-ce qu'une contrainte peut être déduite d'un ensemble de contraintes ? (entailment). Cet algorithme est une opération centrale sur une mémoire par contraintes, propre au paradigme étudié. Le résultat principal en termes de développement est concrétisé sous la forme d'un solveur de contraintes ainsi que d'un langage de modélisation ([github.com/ptal/pcp](https://github.com/ptal/pcp)). D'autre part, le système de contraintes sous-jacent n'étant pas fixe, le langage doit rester paramétrable par celui-ci et, pour ce faire, nous avons implémenté un analyseur syntaxique avec inférence de types permettant plus aisément la composition entre le langage et son système de contraintes ([github.com/ptal/oak](https://github.com/ptal/oak)).

L'obtention d'une bourse européenne (Team Mundus) permet l'étude du design du langage dans le laboratoire du Pr. Chiba à l'université de Tokyo durant 6 mois (octobre 2015-mars 2016). Une deuxième bourse de mobilité (AMI) a été obtenue auprès de la région Île-de-France et permettra de se concentrer davantage sur l'application du langage à des problématiques musicales.

### ■ Composition et écritures du son, de l'espace et du temps

La recherche en composition assistée par ordinateur (CAO) a pour but d'étudier et concevoir des modèles et techniques informatiques adaptés aux processus de création, intégrant paradigmes de calcul, interactions et représentations musicales. Cette démarche met en avant une orientation symbolique s'appuyant sur les langages de programmation pour la création et le traitement des données harmoniques, temporelles, rythmiques ou des autres aspects entrant en jeu dans les processus compositionnels.

Les travaux de l'équipe dans ce domaine s'articulent principalement autour de l'environnement OpenMusic, un langage de programmation visuelle dédié à la composition musicale. OpenMusic est utilisé par les compositeurs de musique contemporaine depuis une quinzaine d'années, et constitue aujourd'hui l'une des principales références dans le domaine de la composition assistée par ordinateur. L'ouvrage *The OM Composer's Book 3* (à paraître en 2016) constituera une nouvelle illustration des utilisations et de l'impact de cet environnement dans des contextes de production musicale.

Initié en 2013-2014, le projet ANR EFFICAC(e) vise à explorer de nouvelles modalités d'interaction dans l'environnement de CAO, afin de connecter les processus compositionnels à des environnements et temporalités externes. Les principaux axes de recherches développés en 2015 ont concerné les techniques et interfaces de spécification et d'ordonnement temporel des processus musicaux, ainsi que les IHM et modalités de contrôle pour la spatialisation sonore. La résidence de recherche musicale de Geof Holbrook accueillie par l'équipe en 2015 a également permis de mettre en avant une utilisation experte de l'environnement de CAO, autour de l'implémentation d'une bibliothèque d'algorithmes génétiques appliqués aux objets musicaux. Prospectivement, un thème d'investigation à venir se dessine autour du renouveau des problématiques de notation musicale en lien aux modèles et représentations informatiques, porté notamment par des actions communautaires comme le groupe de travail AFIM « Les nouveaux Espaces de la notation musicale », l'organisation de la première conférence internationale TENOR (Technologies for Music Notation and Representation), ainsi que le réseau « Interactions, Calcul, Algorithmique et Langages appliqués à la Musique » soutenu par le RNSC.

### Structures temporelles dynamiques

*Thèse D. Bouche, UPMC, direction J. Bresson et G. Assayag, collaborations : J. Nika, A. Chechile (CCRMA/Stanford University)*

La richesse expressive des environnements de CAO tient en grande partie aux croisements qu'elle permet de réaliser entre relations temporelles et fonctionnelles dans les structures musicales. Si dans un cadre classique « temps différé » les processus de calcul et d'exécution des structures musicales ont lieu dans des phases et temporalités distinctes, nous nous intéressons ici à des situations interactives où l'ordonnement des événements musicaux est susceptible de dépendre, ou d'interagir avec les processus génératifs mis en œuvre dans un contexte compositionnel ou « performatif ».

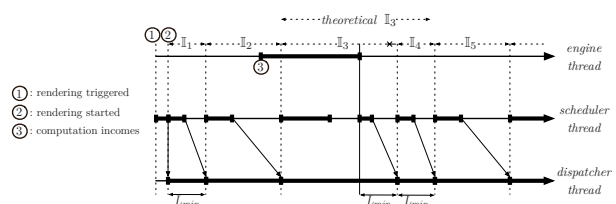
Une architecture a été définie dans cet objectif, liant les structures musicales produites dans l'environnement de CAO à la structure sous-jacente d'ordonnement. Cette architecture repose sur une représentation des objets musicaux agissant directement sur leur conversion en séquences d'actions, et liée à l'exécution de ces actions.

Un prototype de « séquenceur dynamique » a été implémenté, permettant la modification ou la génération « à la volée » de données musicales, via des interruptions utilisateur ou par des processus formels directement intégrés dans la partition. Des modèles et optimisations hybrides ont été implémentés permettant à ce système de s'adapter à différents cas de figure et situations musicales : partitions statiques, matériau statique à ordonnancement dyna-

mique, et ou matériau entièrement dynamique. Une interface graphique est également en cours de développement, qui pourrait constituer une nouvelle génération de l'objet maquette dans OpenMusic.

Ce projet a bénéficié d'une bourse du France-Stanford Center for Interdisciplinary Studies qui a permis à Dimitri Bouche d'effectuer un séjour de recherche de trois mois au Center for Computer Research in Music and Acoustics (CCRMA) de l'université de Stanford. L'une des premières applications du moteur d'ordonnancement a été implémentée en collaboration avec Alex Chechile, docteurant au CCRMA, qui a été par la suite été accueilli pendant 3 mois à l'Ircam en 2015.

Un deuxième cas d'utilisation a été développé en collaboration avec Jérôme Nika et au système d'improvisation Improtek, sous forme d'un prototype fonctionnel et interactif présenté lors de la conférence SMC 2015.



Interfaces et interaction : autour de la spatialisation sonore  
 Post-doc J. Garcia ; stage Atiam X. Favory ; J. Bresson, D. Bouche

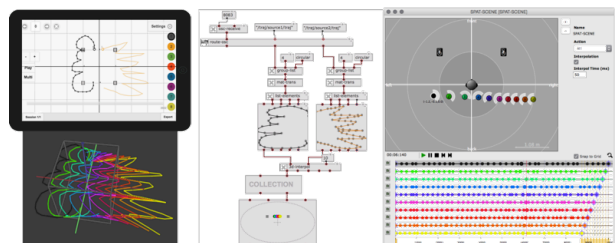
Collaboration équipe EAC : T. Carpentier

La thématique de l'espace et la collaboration avec l'équipe EAC a été renforcée dans le cadre du post-doc de Jérémie Garcia (ANR EFFICAC(e)), avec ce projet de conception d'interfaces pour le contrôle des processus de spatialisation sonore. Suivant une approche de conception participative, des entretiens ont été réalisés avec des compositeurs afin de mieux comprendre leurs besoins, dans le but de proposer des outils facilitant le contrôle et l'écriture de la spatialisation. Ces entretiens ont mis en évidence la nécessité d'outils interactifs pour la saisie, la visualisation et la manipulation de données de contrôle pour la spatialisation, et ont conduit la conception de différents prototypes.

Les objets et outils de conception spatiaux 2D/3D OpenMusic ont été fondus dans un modèle de données temporisées, permettant une gestion homogène des spécifications et transformations temporelles. Connectées au moteur d'ordonnancement et à des structures temporelles de plus haut niveau, ces données permettent de représenter des scènes sonores spatiales et leur évolution dans le temps. Un objet interactif a été développé, utilisant les modules de visualisation, d'interaction et de rendu spatialisé de la bibliothèque Spat.

Dans le cadre du stage de Master Atiam de Xavier Favory (cofinancé par le Labex SMART) une application mobile a été conçue pour la saisie rapide et l'édition de trajectoires dans l'espace. Cette application s'intègre dans un

réseau d'interactions autour de l'environnement de CAO et des systèmes de rendu sonore spatialisé. Elle permet par exemple d'initier des traitements algorithmiques programmés dans OpenMusic pour la transformation ou la génération d'ensembles de trajectoires, et d'en contrôler le rendu polyphonique temps réel dans Max/Spat via une communication OSC.



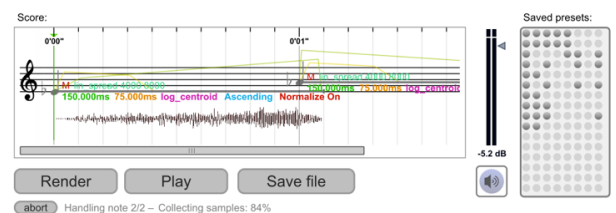
Interfaces réactives et en temps réel pour la composition assistée par ordinateur

Thèse de D. Ghisi, doctorat en musique : recherche en composition, UPMC/Ircam/Sorbonne Universités, direction C. Agon et P. Couprie, 2014-2017

Le travail entrepris à travers cette thèse porte sur les manières d'intégrer les paradigmes performatifs du temps réel à des techniques individuelles de composition et de manière plus générale à la composition assistée par ordinateur.

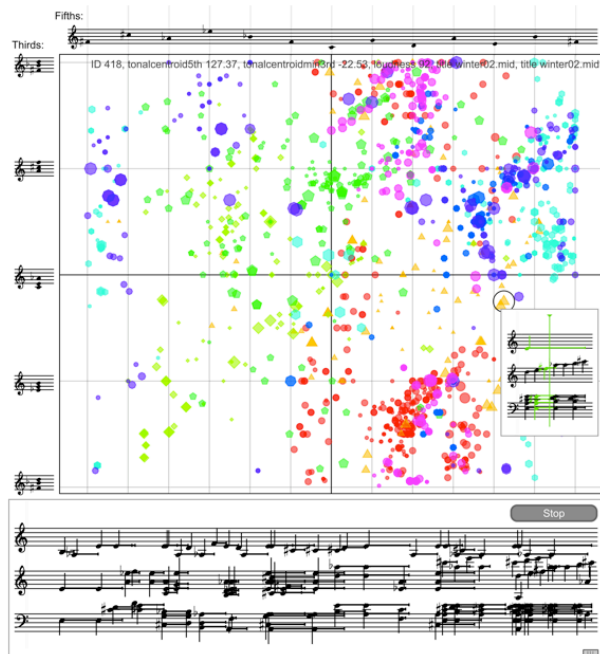
La recherche de symétries élémentaires et de motifs périodiques stables dans les automates cellulaires a été la base de la composition de *Come un lasciapassare* (pour orchestre et électronique, 2015), dont la partie centrale est, notamment, une véritable passacaille générée par un automate périodique sur le Tonnetz. Pour écrire cette pièce, nous avons réalisé une interface graphique qui permet l'exploration des automates cellulaires dans le logiciel Max.

Le rapport entre musique électronique et partitions symboliques (et, plus largement, entre un paradigme performatif et une approche spéculative) est l'une des thématiques clés de nos recherches, pleinement questionnée dans la composition *An Experiment With Time* (2015). Cette pièce est d'abord une installation (boucle de 46' pour trois écrans et dispositif électronique, inspirée par le livre éponyme de John W. Dunne), qui, à travers d'un procès d'orchestration, se transforme dans une pièce pour ensemble, électronique et vidéo (*An Experiment With Time* (reloaded), 48', créée en 2016). À la base de l'écriture, nous sommes partis d'une base de données contenant un grand nombre de fichiers audio (qui couvrent l'histoire entière de la musique occidentale), segmentés et étiquetés par type d'accords.



Ensuite, une méta-partition est construite, avec chaque note représentant un accord abstrait, et certains filtres qui peuvent limiter la portée de cette association. Le rendu est une synthèse concaténative de ces grains (en temps différé ou en temps réel), en accord avec certains critères (intégrés dans la méta-partition).

L'importance de la synthèse concaténative dans cette approche a aussi conduit à la recherche d'une extension de ces techniques dans le domaine symbolique. Les outils existants qui gèrent le processus de synthèse concaténative omettent toute représentation symbolique des événements. Nous avons donc développé un système de synthèse concaténative de partitions, inspiré par le logiciel CataRT, qui permet de segmenter, analyser et organiser une base des données de morceaux de partitions, afin de pouvoir produire et de visualiser des concaténations en temps réel. Ces outils d'interface graphique non standard pour la gestion des données musicales, avec d'autres outils similaires qui sont en cours de développement, seront regroupés d'une manière cohérente dans une librairie «dada», qui fera partie de la «famille» des outils construits à partir de la librairie Bach, et qui sera en fait la première librairie de cette famille à utiliser explicitement la API publique de Bach. Les travaux autour de Bach ont produit une publication dans le Computer Music Journal en 2015 avec Andrea Agostini.



#### Rythme et quantification

F. Jacquemard, J. Bresson, A. Ycart, stage Atiam + contrat ingénieur de recherche Inedit

Collaboration : S. Staworko (Algomus univ. Lille), M. Sakai (Université de Nagoya), J. MacCallum (CNMAT, UC Berkeley)

Le problème de la transcription rythmique est de générer,

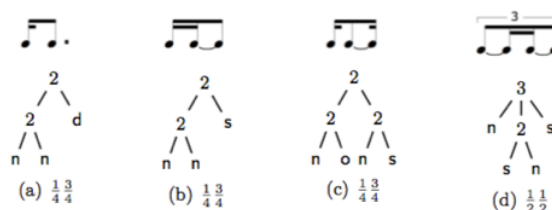
à partir d'une suite de notes datées (par exemple un fichier au format Midi), une partition en notation musicale traditionnelle. Les données rythmiques sont communément représentées par des arbres dans les environnements de composition automatique, étant donnée une définition proportionnelle des durées. Nous étudions dans ce contexte l'application à des problèmes de représentation du rythme des techniques et outils pour la représentation et le traitement de langages d'arbres, en particulier deux formalismes bien établis avec des fondations théoriques solides : les automates d'arbres et la réécriture de terme.

Dans le contexte du projet ANR EFFICAC(e) un nouveau cadre uniforme pour la transcription rythmique est développé, dans lequel les interactions avec le compositeur sont déterminantes. Le problème de la transcription se posant d'emblée comme insoluble de manière univoque, nous proposons (en collaboration avec Slawek Staworko) une approche basée sur l'énumération de grands ensembles de solutions, afin de rechercher un équilibre satisfaisant entre les différents critères, en particulier la précision de la transcription et la lisibilité de la notation obtenue.

Nous nous appuyons pour cela sur des algorithmes efficaces pour l'énumération de séries d'arbres. Le travail de recherche et d'intégration a été réalisé en grande partie par Adrien Ycart, dans le cadre d'un contrat d'ingénieur de recherche du projet ANR Inedit. Un accent particulier est mis sur le traitement et l'intégration des appoggiatures dans la manipulation et la transcription des arbres de rythme. Des expérimentations sont également en cours avec des compositeurs.

Par ailleurs, en collaboration avec le professeur Masahiko Sakai (Université de Nagoya), nous proposons une théorie structurale (système équationnel sur les arbres de rythme) définissant une équivalence entre notations rythmiques. Cette approche peut être utilisée par exemple pour générer, par transformation, différentes notations possibles de même durée, avec la possibilité de choisir en fonction de certaines contraintes. Nous avons également mené des travaux connexes en théorie de la réécriture de termes.

Enfin, en collaboration avec John MacCallum de l'Université de Berkeley, un cadre formel accompagné d'un prototype opérationnel a été développé pour la transcription polyphonique avec des courbes de tempo.



### Aide à l'orchestration

L'orchestration computationnelle est un champ de recherche récent dans l'informatique musicale et vise à reconstruire n'importe quel type de son (fichier cible) uniquement avec des instruments de l'orchestre. Le projet sur l'aide à l'orchestration fait suite aux travaux entrepris lors de trois thèses successives à l'Ircam. Ce projet a été relancé l'année passée avec l'arrivée d'un nouveau maître de conférences UPMC (Philippe Esling) affecté à l'Ircam. Le projet prend donc une nouvelle ampleur avec la mise en place de nombreuses collaborations internationales. Ainsi a été mis en place un partenariat avec le Perception Lab de l'université McGill (resp. S. McAdams) à travers un financement international, dont le projet a démarré en septembre 2016 grâce au financement fourni par le fond canadien SSHRC. D'autres collaborations ont également vu le jour pour de futurs échanges de recherches (McGill University, CA – Plymouth University, UK), doctoraux (Université de Genève, CH) et de création (Haute École de Musique de Genève, CH). Cette année a permis le développement et la traduction complète des travaux passés sous la forme d'un système modulaire et open-source, donnant ainsi naissance au système d'orchestration Orchids, disponible en tant qu'application standalone fonctionnant sur toutes les architectures MacOS. Celui-ci permet de distribuer les systèmes de création orchestraux, mais également de servir de fondements pour les recherches futures. Le système ayant été suivi durant une année de corrections et améliorations, vient de permettre la distribution d'une version finalisée (Orchids 0.9.2), actuellement disponible sur le forum Ircam et comptant déjà une large communauté d'utilisateurs. La mise en place d'un groupe de recherche (groupe de travail Orchestration comprenant essentiellement un ensemble de compositeurs se réunissant mensuellement) permet de jalonner toutes ces recherches par un lien fort avec la création musicale.

Cette année a également permis la mise en place d'un projet de recherche autour de l'orchestration suivant une ligne novatrice, permettant de composer une pièce pour orchestre en temps réel, en jouant simplement une mélodie au piano. Le démarrage d'une nouvelle thèse (Léopold Crestel), vise à étendre ce prototype pour permettre une prise en compte plus fine du contexte temporel, mais également l'inclusion de modalités multiples permettant d'établir un lien fort entre le signal et la symbolique. Ces travaux permettent également la future analyse des larges bases de données de perception orchestrale qui seront fournies par l'université McGill.

Écriture composée du son, du temps et de l'espace dans l'interaction entre instruments et dispositifs numériques  
Thèse recherche et pratique/composition de L. Morciano, SaCRE, Ircam, direction : G. Assayag, co-encadrement CNSMD : S. Gervasoni, L. Naon

Cette thèse vise à étudier l'intégration contemporaine, dans la composition et la performance, des outils technologiques et artistiques correspondant à l'état de l'art en matière d'interaction temps-réel entre production instrumentale, production numérique du son et production de formes spatio-temporelles dans le lieu d'écoute. On souhaite notamment étudier comment cette intégration pourra constituer en retour une nouvelle modalité de l'écriture où fusionnent en cohérence une écriture du son, une écriture du temps et une écriture de l'espace informées par la technologie. Ce travail fonde son intérêt sur des applications technologiques et musicales liées à certaines thématiques de l'activité compositionnelle de Lara Morciano impliquant des aspects variés d'exploration, d'expérimentation et de réalisations techniques pour la création musicale. Parmi ces thématiques :

- le développement d'un jeu instrumental virtuose et d'une écriture soliste très articulée au niveau rythmique, avec une recherche sur l'articulation, la pulsation et le geste instrumental ;
- une recherche sur le timbre, avec un travail portant sur les traitements informatiques du matériau timbral et instrumental-orchestral ;
- l'interaction entre l'interprète et l'ordinateur, l'écriture instrumentale et les traitements électroniques temps réel, la synchronisation et le contrôle instrumental dans la production directe du son électroacoustique ;
- l'interaction avec l'espace, avec différents types de spatialisation dépendant de multiples paramètres musicaux et types d'événements, ou mis en relation avec d'autres applications artistiques, comme notamment la vidéo ;
- la recherche de relations avec des aspects de la dramaturgie théâtrale et/ou du théâtre musical ;
- l'interaction avec d'autres formes artistiques, dans un cadre interdisciplinaire et collaboratif.

L. Morciano continue son exploration sur l'interaction entre interprète et ordinateur, entre virtuosité instrumentale et articulation détaillée de la partie électronique à travers une écriture des processus et différents types de traitements en temps réel, ainsi que sa recherche sur le timbre et plusieurs possibilités d'interaction avec l'espace (tant d'un point de vue électroacoustique que par rapport à la localisation des musiciens sur scène et dans la salle) et avec la dramaturgie et l'intégration d'un dispositif des lumières dans l'œuvre *Estremo d'ombra*, commande de l'Ircam et de La Biennale de Venise (création mondiale 2015), qui aura sa création française dans le Festival Présences de Radio France en février 2016.

Dans ce travail où plusieurs axes de recherche de son sujet de thèse s'entrelacent, la relation avec les dispositifs synchrones est établie à travers l'utilisation d'Antescofo employé comme un méta-séquenceur qui contrôle plusieurs types d'événements en parallèle : le tempo, les para-

mètres de traitement et synthèse en temps réel (analyse et resynthèse additive et différents types de granulateurs faits en SuperCollider, d'autres types d'analyse spectrale avec Iana, time stretching, SuperVP, harmonizers, etc.) et, en particulier, 5 écrans sur scène, utilisés à la place des pupitres conventionnels pour envoyer les partitions aux musiciens. Ce dispositif d'affichage, conçu également avec des indications de tempos, click visuel en couleur pour mettre en valeur la position de certains événements ou pour commander la tourne des pages, assume la fonction d'un chef « virtuel » pour la mise en place et l'exécution d'une pièce mixte très dense et qui veut garder sa dimension chambriste par rapport aux possibilités d'interprétation et à la liberté expressive des solistes.

Pour ce qui concerne l'interaction avec l'univers visuel une autre œuvre a été réalisée et créée au CNSMDP : *Octaédrite*, spectacle audiovisuel pour dispositif électroacoustique et sculpture visuelle interactive réalisée en collaboration avec la plasticienne Félicie d'Estienne d'Orves. En plus de la partie sonore préenregistrée et lancée en temps réel, un travail de recherche particulier sur l'interaction image-son en temps réel a été programmé : les outils visuels programmés en Processing sont intégrés dans Antescofo via OSC pour pouvoir traiter les images en utilisant certains paramètres musicaux (vitesse, intensité, déplacement de la lecture dans un buffer, etc.) et vice-versa.

### ■ Écriture du temps synchrone et de l'interaction

*J. Blondeau, A. Cont, P. Cuvillier, J. Echeveste, J.-L. Giavitto, F. Jacquemard, C. Poncellet*

Ce travail effectué dans le cadre du projet MuTant (resp. A. Cont) 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. À long terme, le travail qui s'inscrit dans cette thématique vise à comprendre et maîtriser les relations temporelles entre les parties synchrones (e.g. flux audio) et asynchrones (e.g. événements 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.

#### Écoute en temps réel

Les recherches menées cette année se sont concentrées autour de quatre problématiques et visent sur le plan pratique, à étendre le paradigme d'écoute artificielle du logiciel Antescofo

#### *Modèles discriminatifs faiblement supervisés pour l'alignement audio/partition*

Ce travail, mené en collaboration avec l'équipe SIERRA à l'ENS, vise à développer une nouvelle approche discrimina-

tive pour le problème de la segmentation audio et pour l'alignement d'un flux audio à une partition symbolique. Classiquement, le système d'alignement doit construire ou bien apprendre un état pour chaque événement musical. Cet apprentissage est une tâche lourde, surtout si le corpus correspond à une grande base de données de fichiers audio qu'il faut annoter au préalable. L'approche originale étudiée ici vise à apprendre le patron sans recourir à une annotation préalable autre que celle de la partition associée aux données audio. Deux informations sont extraites de la partition symbolique : la suite des événements musicaux à considérer et une information approximative sur la durée relative des événements. Nous avons alors étendu l'algorithme de Dynamic Time Warping (DTW) à un problème d'optimisation convexe permettant d'apprendre le classifieur optimal pour tous les événements conjointement à l'alignement, à partir de ces deux seules informations a priori. La durée relative des événements entre eux peut-être utilisée efficacement, comme une pénalisation dans la fonction de coût, amenant à améliorer de manière très importante la complexité calculatoire de notre approche. Ces travaux ont été publiés.

#### *Modèles semi-markovien pour l'alignement temps réel Midi/partition*

Nous avons développé en collaboration avec Eita Nakamura du National Institute of Informatics de Tokyo, un nouveau modèle stochastique pour les performances Midi de partitions polyphoniques, fondé sur les modèles semi-markoviens, afin d'aligner en temps réel un flux Midi sur une partition symbolique. Dans ce travail, l'évolution de la performance musicale est représentée par une extension hiérarchique des modèles de semi-markov caché (HSMM). Nous avons montré que, sur un plan théorique, ces modèles présentent plusieurs avantages comparés aux propositions précédentes se fondant sur les modèles semi-markov (HMM) dans la représentations des événements musicaux complexes comme les trilles, les arpèges et d'autres ornements. Cet avantage théorique est confirmé pratiquement par des validations comparant la précision et les erreurs du suivi obtenu.

Ce travail se poursuit par le développement d'un modèle hybride HMM+HSMM afin de diminuer le coût des calculs tout en conservant les avantages de cette nouvelle méthode. Les résultats obtenus se situent dans les meilleurs de l'état de l'art actuel pour le suivi de partition à partir d'une performance Midi. Ils devraient pouvoir se généraliser à d'autres types de problème de reconnaissance musicale.

#### *Suivi de partition pour la voix chantée*

La voix chantée est un signal audio qui présente des caractéristiques spécifiques : il contient à la fois des informations musicales (mélodie, hauteurs) et textuelles (paroles/

phonèmes). Nous avons initié une nouvelle approche pour utiliser ces deux types d'informations dans les problèmes d'alignement en temps réel de la voix chantée avec une partition. L'information textuelle, correspondant aux paroles chantées, est représentée par un modèle semi-markov caché (HSMM) dont les patrons s'appuient sur des modèles de voyelles. La fusion des informations de mélodie et de parole est traitée en temps réel lors de l'alignement audio à la partition, tant dans les phases amont qu'en aval de l'alignement. Des validations ont été conduites avec deux chanteurs professionnels (homme et femme) et ont montré que les performances à partir des informations de parole seule sont comparables aux performances obtenues par les systèmes ne considérant que les informations de mélodies. La fusion des deux informations améliore les performances d'alignement de manière très notable. Le calcul de l'adaptation maximale a posteriori (MAP) des modèles de voyelles d'un chanteur à un autre indique que l'information de parole peut être utilisée efficacement pour n'importe quel chanteur. Les premiers résultats ont déjà été présentés.

#### *Segmentation audio temps réel*

La segmentation audio représente une phase préliminaire essentielle de nombreuses tâches de traitement audio dont l'objectif est de déterminer des sous-séquences homogènes pertinentes du signal audio. Nous avons poursuivi ici des travaux initiés avec l'équipe SIERRA de l'ENS. Notre approche repose sur la segmentation conjointe et la fusion de segments dans le cadre des modèles de Markov cachés et des modèles de semi-Markov cachés, plutôt que d'identifier le point de changement et de calculer des similarités entre segments. Nous avons développé un algorithme EM incrémental pour les HMM et montré qu'il se comparait favorablement aux algorithmes EM en ligne, tant pour les sons musicaux que pour des sons environnementaux. Les résultats théoriques ont été publiés et les résultats pratiques préliminaires ont été approfondis et étendus. Ces validations ont démontré que l'algorithme proposé était plus performant que tous les algorithmes supervisés proposés pour la segmentation des sons percussifs. En collaboration avec l'IRCyNN (M. Lagrange), et dans le cadre de la thèse de M. Sirbu, nous avons débuté l'étude de l'extension de cette approche à des sons environnementaux complexes.

#### Programmation synchrone et temporisée pour la musique

Les recherches menées dans cet axe établissent le pont nécessaire entre l'écriture musicale et la performance en temps réel des partitions dans le domaine de la musique mixte. Elles proposent une approche langage, s'appuyant sur les avancées de la programmation temps réel réactive, la programmation synchrone et la programmation temporisée. Le test de système synchrone temporisé est

également étudié, afin de l'adapter aux spécificités et à répondre aux besoins des systèmes musicaux interactifs temps réels.

#### *Stratégies de synchronisation adaptatives pour l'accompagnement automatique*

Dans son travail de thèse, soutenue en mai 2015, José Echeveste a développé plusieurs stratégies de synchronisation permettant de contraindre les relations temporelles entre un musicien humain et les actions électroniques d'une partition augmentée. Ces stratégies ont été formalisées par le développement d'une notion de courbe de tempo qui renouvelle les approches classiques. Une courbe de tempo permet de traduire des délais relatifs en temps physique (seconde) et inversement. C'est donc un outil essentiel au cœur du moteur d'exécution temps réels d'une partition augmentée. L'état de l'art considère des courbes de tempo correspondant à une fonction mathématique connue statiquement et à une localisation du musicien correspondant à une courbe continue pour le problème de la synchronisation. Bien que la modélisation causale du tempo du musicien implique de ne connaître cette courbe de tempo que de manière incrémentale, seul les travaux récents de Liand et Danneberg (2011) ont considéré des courbes de tempo dynamique. L'approche qu'ils ont proposée pour le calcul du suivi de position à partir de ces courbes de tempo souffre cependant d'un problème de consistance : la convergence de la courbe de suivi dépend des événements observés par le système pendant la construction de cette trajectoire. Nous avons proposé une nouvelle approche qui repose sur le calcul d'une courbe relative de suivi à partir d'une formulation en termes de rattrapage d'erreur. Cette courbe relative est ensuite reformulée dans le repère temporel physique, ce qui rend la formulation indépendante des événements à suivre. On peut ainsi assurer une convergence en position et en tempo, calculatoirement efficace. Il n'y a pas besoin d'une horloge périodique pour discrétiser les évolutions temporelles : le calcul de la courbe de suivi ne se fait effectivement que quand une nouvelle information de tempo est disponible et permet de calculer une représentation symbolique incrémentale de la courbe de suivi.



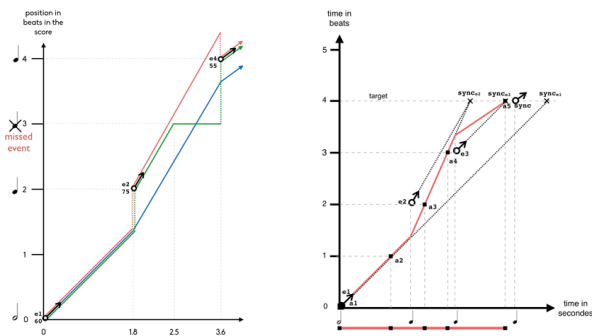


Diagramme temps/temps permettant de représenter et de raisonner sur les relations de synchronisation temporelle entre processus. Chaque axe représente une horloge abstraite permettant de mesurer l'écoulement du temps et de dater chaque événement musical à percevoir ou action électronique à effectuer. La notion de tempo permet de régler l'écoulement continu du temps. Mais le tempo est un tempo estimé sur la base des actions passées du musicien et le tempo ne fournit qu'une estimation de la date des événements à venir. L'occurrence d'un événement daté permet de remettre en cause cet écoulement estimé et de « remettre l'horloge à l'heure ». La figure de gauche présente le cas où l'événement  $e_2$  arrive « en avance » sur ce qui était prévu et l'événement  $e_4$ , en retard. Les trois courbes figurent trois stratégies possibles (sauter discontinûment ou ne pas tenir compte de l'information apportée par l'occurrence d'un événement). Le schéma de droite illustre une stratégie de poursuite anticipative : l'objectif est de finir ensemble sur un événement synchronisant (appelé cible). À chaque arrivée d'événement, le tempo est ré-estimé afin d'annuler l'erreur courante en position et rattraper le processus poursuivi afin de finir (dans le futur) ensemble sur la cible.

L'approche développée est suffisamment souple pour prendre en compte de nombreux problèmes pratiques en accompagnement automatique : gestion de la latence, spécification de tempo non constant dans la partition (accélérando, ritardando, rubato...), prise en compte des événements manqués et des erreurs, etc.

Cette approche a été formalisée dans le manuscrit de thèse de José Echeveste au sein d'une sémantique du langage complet (i.e. comprenant toutes les constructions dynamiques).

#### Objets temporels pour le développement de librairie réutilisable

Chaque compositeur développe un langage compositionnel propre à travers ses pièces. Il est donc nécessaire de pouvoir adapter et réutiliser des processus temporels complexes d'une pièce à l'autre. Dans le même temps, compositeurs et ingénieurs du son doivent faire face à des représentations de la même pièce dans des contextes très différents (nombre de haut-parleurs pour la spatialisation, effectifs, paramètres de traitement et de synthèse dépendants de la salle, etc.). Cette situation nous a poussés à étudier divers mécanismes permettant de définir des bibliothèques génériques et paramétrables dans Antescofo. À partir des besoins exprimés par plusieurs compositeurs (M. Stroppa, J. Blondeau, J. Freeman, J.-M. Fernandez, Y. Maresz) nous avons conçu et introduit plusieurs mécanismes permettant d'abstraire et de paramétrer des processus compositionnels variés. Ces mécanismes incluent l'introduction d'une nouvelle structure de contrôle tem-

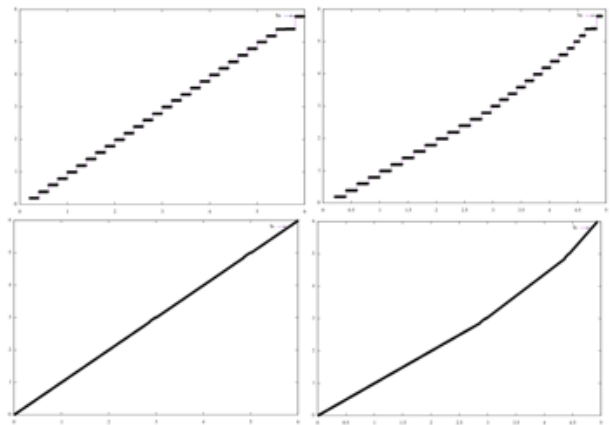
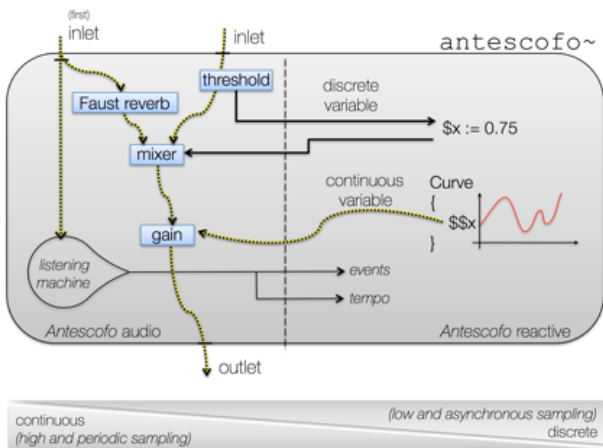
porel, l'introduction de continuations temporelles permettant d'enchaîner des actions duratives, le marshalling des valeurs Antescofo afin de permettre l'enregistrement et la récupération de set-ups, etc.

Parmi ces mécanismes, le plus notable est sans doute le développement d'une notion d'objets temporels qui étend la notion d'acteur. Un objet temporel encapsule un état ; il réagit à des conditions logiques ; offre des méthodes d'évolution instantanée et/ou durative ; supporte une notion de broadcast et de handler. Ces nouvelles possibilités ont déjà donné lieu à une réécriture de la librairie de ... *Off Silence* de M. Stroppa. La validation de ces mécanismes se poursuit et donnera lieu à des évolutions du langage dans l'année qui vient.

#### Traitement audio temps réel dans Antescofo

Le traitement DSP « natif » dans Antescofo est une extension expérimentale qui a débuté en 2014 avec pour objectif de permettre la définition et le contrôle de traitement DSP directement dans Antescofo. Une notion de processus DSP est définie directement dans le langage, qui s'appuie sur plusieurs librairies de traitement de signal. En particulier, dans le cadre du projet Inedit, nous avons réalisé une extension permettant de définir directement des nœuds Faust natif (i.e. compilé dynamiquement à la volée) dans une partition Antescofo. Les processus DSP peuvent se connecter dynamiquement, c'est-à-dire comme le résultat d'un calcul, à l'aide de variables DSP. Ces connexions peuvent donc changer en réponse à un événement musical détecté par la machine d'écoute et peuvent se synchroniser en utilisant toute l'expressivité de la palette des stratégies de synchronisation existantes. Des variables Antescofo peuvent être utilisées pour le contrôle des processus DSP, ce qui ajoute un niveau supplémentaire de dynamique. Nous avons ainsi étendu l'approche de Faust par des nœuds dédiés réalisant des traitements spectraux (FFT).

Plusieurs bénéfices résultent de cette intégration. Le graphe des processus DSP devient dynamique, et peut comporter des nœuds hétérogènes spécifiés dans des formalismes différents. Cette approche répond à des problèmes souvent soulevés à l'encontre des modèles à flot de données statiques (comme Max ou PureData). Les processus DSP sont pilotés au sein d'une partition augmentée, qui permet d'anticiper les calculs à venir et bénéficient d'informations symboliques de haut-niveau comme la position du musicien ou le tempo attendu. Le couplage fort entre le monde du contrôle asynchrone et le monde du calcul synchrone audio permet de spécifier aisément et de manière peu coûteuse des paramètres de contrôle avec une précision temporelle à l'échantillon (cf. la figure ci-dessous). Ce modèle d'intégration hybride forte a été validé par la recreation d'*Anthème 2* de P. Boulez. Les premières mesures ont permis de montrer un gain de 45% comparé à la version originale qui embarque les effets audio dans Max.



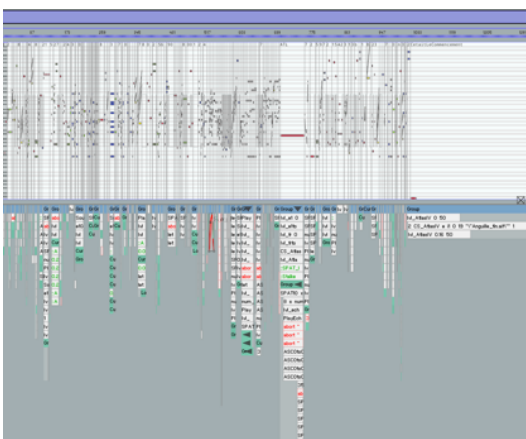
À gauche : Intégration de traitement audio dans le moteur d'exécution réactif d'Antescofo. La gestion réactive asynchrone des variables (de contrôle) a été étendue par des variables continues dont les valeurs sont calculées par des expressions DSP. Le langage permet de mélanger arbitrairement les deux types de variables et d'expressions, via les variables, et le moteur d'exécution permet de gérer les contraintes temporelles résultantes. À droite : représentation de l'évolution temporelle d'une variable \$y en temps relatif et absolu. L'évolution de \$y est spécifiée par une construction Curve en temps relatif. L'évolution spécifiée est linéaire, mais des changements dynamiques du tempo du musicien résultent en une évolution non linéaire en temps physique [évolution relative dans la colonne de gauche, évolution en temps physique dans la colonne de droite]. Les diagrammes du haut représentent l'évolution d'une intégration « classique » des signaux et contrôle et des signaux de données, intégration dans laquelle les signaux de contrôle sont pris en compte aux frontières des buffers audio. Les diagrammes du bas représentent l'évolution de la valeur de \$y, telle que le voit un processus audio, dans l'intégration forte réalisé par Antescofo.

#### Visualisation de structures temporelles hiérarchisées

Ce travail se concrétise par l'interface Ascograph utilisée pour l'édition de partition augmentée pour Antescofo et pour le pilotage du système pendant les performances. Les recherches effectuées dans ce thème relèvent de la visualisation d'informations et plus précisément de la visualisation de relations temporelles. La représentation de la partition s'appuie sur la notion de timeline. Notre contribution a porté sur le développement d'un nouveau modèle pour la visualisation de structures hiérarchiques de séquences temporelles. Ce modèle a pour objectif d'améliorer la cohérence visuelle de la représentation temporelle (par exemple toutes les actions sur une même verticale partagent une même date) tout en simplifiant la navigation dans les structures et aussi dans la succession temporelle.

Le traitement algorithmique de ce modèle amène à la résolution d'un problème de « strip packing » dans un espace 2D avec des contraintes additionnelles qui fixent le positionnement en x (i.e. dans le temps) de certaines actions et contraint en y le positionnement de ces actions afin de respecter la structure hiérarchique.

Nous avons proposé trois algorithmes heuristiques pour résoudre ce problème d'optimisation combinatoire. L'évaluation de ces algorithmes a été conduite de manière pratique sur plusieurs jeux de données temporelles, y compris des jeux de données non musicales. D'un point de vue théorique nous avons montré que ces algorithmes préservent un certain nombre de propriétés visuelles se rapportant à la représentation des relations temporelles du programme de départ.



Deux vues de l'interface Ascograph, visualisant la même partition. La représentation se divise en deux : le bandeau blanc correspond à un piano roll qui visualise les événements musicaux à reconnaître. La zone grise inférieure représente les actions hiérarchiquement structurées à effectuer. Chaque boîte correspond à une action composée qui possède une durée propre. La figure de gauche représente l'ancienne représentation, la figure de droite la nouvelle représentation obtenue par l'optimisation d'un problème de strip packing. On peut remarquer que la représentation obtenue est plus compacte (aussi bien en largeur que sur la timeline qu'en hauteur dans la représentation des structures hiérarchiques).

*Test de conformité pour système interactif temps réel*

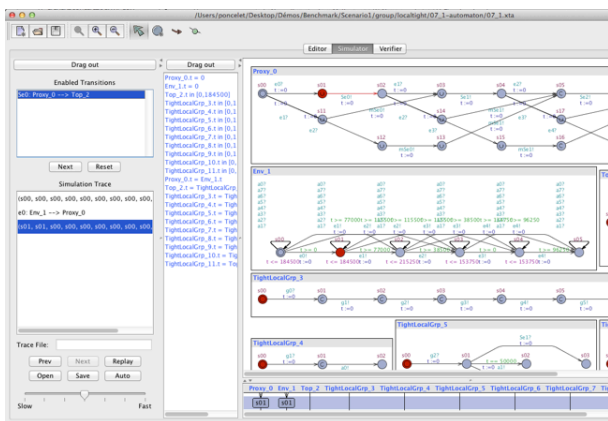
L'utilisation régulière d'Antescofo dans des performances publiques avec des musiciens humains implique de fortes exigences de fiabilité et de robustesse face aux erreurs possibles en entrée du système.

Afin d'y répondre et contribuer au développement du système et la création de pièces mixtes, nous développons une plateforme pour l'automatisation du test de conformité d'Antescofo, qui met l'accent sur les comportements temporels.

Cette plateforme est basée sur les techniques et outils de l'état de l'art du test fondé sur modèle pour les systèmes embarqués et temps réel, et permet d'automatiser les tâches principales suivantes :

- génération différée ou au vol de données d'entrée pertinentes pour le test (performances artificielles), avec un souci de l'exhaustivité ;
- calcul de la sortie attendue correspondante, selon une spécification formelle du comportement attendu du système sur une partition mixte donnée ;
- exécution des données de test d'entrée sur le système en mode « boîte noire » ;
- comparaison des sorties attendues et réelles et production d'un verdict de test.

Les données en entrée et sortie sont des traces temporisées (suites d'événements discrets avec des durées inter-événements). Notre méthode est basée sur des modèles formels dans une représentation intermédiaire ad hoc (IR). Nous avons développé un compilateur produisant automatiquement ces modèles en IR à partir de partitions mixtes Antescofo, ce qui contraste avec les approches traditionnelles du test de systèmes embarqués, où les spécifications sont généralement écrites à la main par des experts.

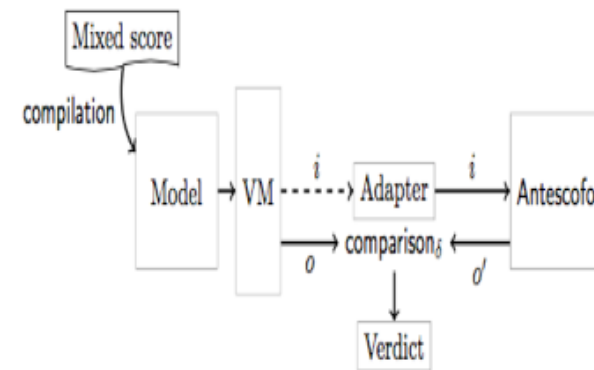
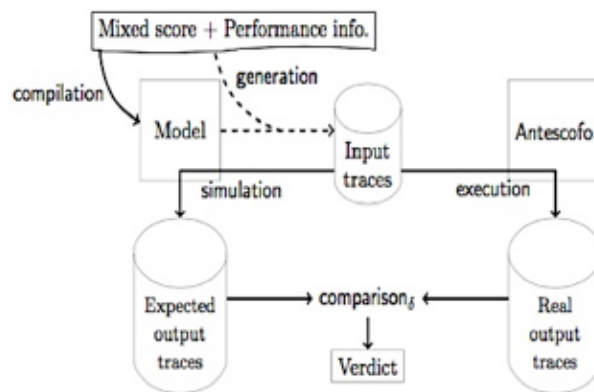


Visualisation dans l'environnement UPAAL du modèle sous forme d'automate temporisé d'une partition augmentée Antescofo.

Dans l'approche différée, l'IR est passé, après conversion en automates temporisés, au model-checker Uppaal, auquel est déléguée la tâche (1) ci-dessus, suivant des critères de couverture, et la tâche (2), par simulation. Nous proposons également une approche alternative pour la génération des traces d'entrée par fuzzing d'une trace idéale obtenue à partir de la partition.

Dans l'approche au vol, les tâches (1) et (2) sont réalisées au cours de l'exécution de l'IR par une machine virtuelle développée dans ce but.

En outre, nous avons mis en place plusieurs protocoles pour les tâches (3) et (4), correspondant à différentes limites de la boîte noire testée, par exemple l'interpréteur de langage synchrone d'Antescofo seul, ou le même avec détection de tempo, ou l'ensemble du système.

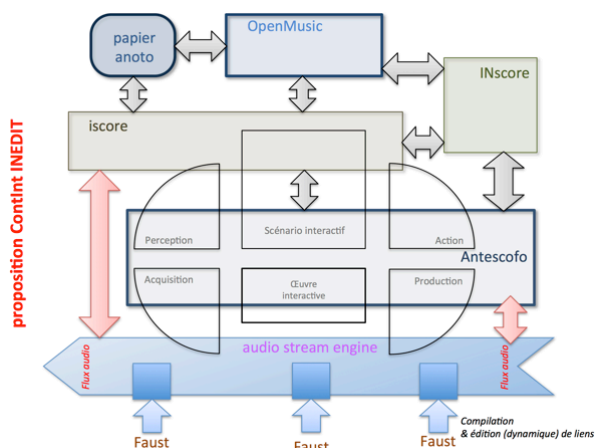


Scénarios pour la génération et l'exécution de test de conformité pour Antescofo : à gauche, génération différée avec Uppaal, à droite, génération au vol et exécution par machine virtuelle.

Projet Inedit: INteractivité dans l'Écriture De l'Interaction et du Temps

Programme ANR ContInt Inedit, 2012-2015, coordinateur A. Cont, en collaboration avec l'université de Bordeaux-1 (LaBRI), GRAME (Lyon)

L'objectif du projet Inedit, démarré en septembre 2012, est de fonder scientifiquement l'interopérabilité des outils de création sonore et musicale, afin d'ouvrir la voie à de nouvelles dimensions créatives couplant écriture du temps et écriture de l'interaction. Il fédère les composantes CAO (OpenMusic) et MuTant de l'équipe Représentations musicales. Contrairement à la plupart des recherches dans le domaine, fondées sur un formalisme de représentation temporelle spécifique, le projet Inedit se distingue par son approche hybride: nous ne voulons pas réduire la diversité des approches possibles en développant un n-ième formalisme unifié et monolithique. Au contraire, Inedit a pour objectif de permettre l'utilisation de différentes approches stylistiques grâce à la coopération de différents outils au sein d'un environnement supportant toutes les phases du workflow musical, de la composition à la performance. Nous nous appuyons donc sur des outils déjà développés par les partenaires et qui occupent une position de référence mondiale dans leur domaine respectif: OpenMusic et iscore pour la phase de composition, INScore pour la visualisation interactive de flux complexes, Antescofo pour l'articulation signal/événement et FAUST et LibAudioStream pour la gestion des flux audio synchrone. Rendre interopérables ces outils permet de mettre en place des workflows riches et originaux qui seraient impossibles avec une application intégrée et un formalisme unique forcément plus rigide.



Projet LetItBe: Logical Execution Time for Interactive And Composition Assistance Music Systems

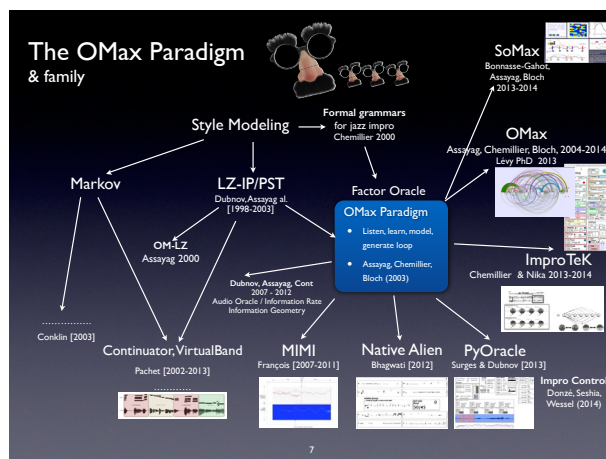
Programme européen PHC Amadeus, période 2015-2016, coordinateur F. Jacquemard, C. Kirsch (University of Salzburg, Austria)

L'objectif de ce projet, qui soutient la collaboration bilatérale entre deux équipes et qui permet l'échange d'étudiants, est de contribuer à l'élaboration sûre de systèmes d'infor-

matique musicale permettant de spécifier et de réaliser des interactions et des relations temporelles complexes. À cet effet, nous avons proposé de revoir la conception et la réalisation du système Antescofo (développé à l'Ircam) à partir d'outils pour le développement de systèmes embarqués temps réels critiques, développés à l'Université de Salzburg. En particulier, nous voulons étudier l'application du paradigme du temps d'exécution logique (logical execution time) aux problèmes posés par l'informatique musicale temps réel. Ce paradigme s'est en effet montré très fécond dans le développement d'applications temps réel, dans des problèmes difficiles de prédictabilité et de portabilité du code temps réel.

■ **Modèles de la créativité et de l'improvisation**

À partir des recherches sur le paradigme d'interaction OMax, qui clone en temps réel le jeu d'un instrumentiste et crée une entité autonome d'improvisation avec laquelle le musicien interagit, plusieurs branches se sont développées, à l'Ircam comme à l'extérieur, explorant tel ou tel aspect de ce paradigme selon que l'on tire plus vers l'improvisation libre ou le scénario d'interaction prédéfini, voire l'écriture (systèmes OMax, SoMax, ImproTek). On donne ici une carte de ce paysage aujourd'hui très diversifié. Cette recherche évolue aujourd'hui vers la notion élargie d'agent créatif autonome et la modélisation de la créativité dans ses dimensions architecturales, agentielles et anthropologiques (Projet ANR DYCI2).



Zone d'influence du paradigme OMax

Dynamiques créatives de l'interaction improvisée (DYCI2)

Projet ANR ANR-14-CE24-0002-01 (2015 - 2018) coordonné par l'Ircam avec l'Inria Nancy et UBO/u. La Rochelle

Le projet Dynamiques créatives de l'interaction improvisée porte sur la constitution, l'adaptation et la mise en œuvre effective de modèles performants d'écoute artificielle, d'apprentissage, d'interaction et de création automatique de contenus musicaux pour permettre la constitu-

tion d'agents musicaux numériques, autonomes, créatifs, capables de s'intégrer de façon interactive et artistiquement crédible dans des dispositifs humains variés tels que la scène vivante, la production, la pédagogie, l'écoute active ou de contribuer à terme aux compétences perceptives et communicatives de systèmes d'intelligence artificielle embarquée.

Le projet articule entre elles trois grandes problématiques de recherche :

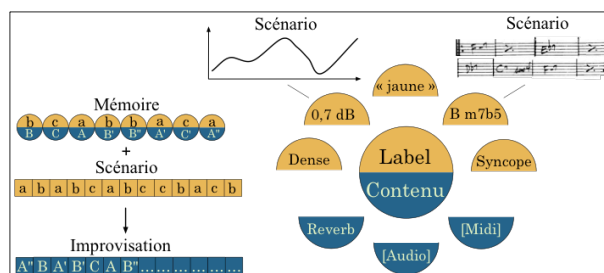
- L'écoute informée créative (resp. Sylvain Marchand, UBO, u. de la Rochelle) vise à donner les moyens à un agent numérique d'analyser les scènes sonores en temps réel pour extrapoler la structure musicale en exploitant les similarités observées et des connaissances disponibles a priori. Cette recherche se situe dans le cadre de la « décomposition musicale informée » et souhaite dépasser l'état de l'art en partant d'une scène sonore complexe vivante, par exemple produite dans le cas des musiques mixtes ou improvisées en direct.
- L'apprentissage interactif de structures musicales (resp. Emmanuel Vincent, Inria Nancy) vise, à partir des données séquentielles fournies par les processus d'écoute, à apprendre des modèles symboliques susceptibles de capturer les structures musicales de haut niveau, multidimensionnelles et multi-échelles émergeant dans un certain contexte de performance musicale et d'improvisation. Les techniques explorées portent sur l'Oracle de facteurs, la modélisation bayésienne, et les réseaux de neurones profonds (deep learning).
- Les dynamiques d'interaction musicale improvisée (resp. Gérard Assayag, STMS Ircam) permettent une interaction improvisée riche et créative entre agents artificiels et humains et posent les questions de l'adaptation temporelle et collective de l'interaction à plusieurs échelles. Cette tâche profite de l'écoute informée et des capacités d'analyse et d'apprentissage des deux premières en articulant un système adaptatif et anticipatif de gestion de l'interaction improvisée en se posant la question du modèle de mémoire, de connaissance et de contrôle interne des agents. Il s'agit de dépasser les approches classiques statiques et déterminées préalablement et de pouvoir adapter en temps réel les modèles, représentations et modalités d'apprentissage de l'interaction, en prenant en compte ses différentes échelles temporelles et les dynamiques collectives susceptibles d'y être attachées.

Le lancement du projet a été donné lors d'un workshop rassemblant tous les partenaires scientifiques à l'Ircam le 31 mars 2015. Les actions importantes pour ce premier semestre portent sur les travaux relatifs à la thèse de Jérôme Nika à l'Ircam sur le guidage de l'improvisation, la thèse de Ken Deguernel à l'Inria et l'Ircam sur l'apprentissage en ligne des structures musicales symboliques, le

stage de Master Atiam d'Axel Chemla Romeu-Santos sur l'intégration des modèles ImproTeK et SoMax (guidage + réactivité), la thèse de Kevin Sanlaville (avec ISMM et le LTCl dans le Labex Smart) sur l'adaptation temporelle de l'interaction. Ces actions sont détaillées ci-après. Le projet DYCI2 a accès aux archives numériques du Montreux Jazz Festival gérées par l'EPFL et classées au patrimoine mondial de l'UNESCO qui constituent un corpus exceptionnel en taille et en qualité.

#### Improvisation guidée par scénario (ImproTeK)

Thèse de J. Nika commencée en 2012, Ircam – EHESS (co-dir. M. Chemillier, G. Assayag.) dans DYCI2



Cette thèse propose l'introduction de scénarios temporels pour guider ou composer l'improvisation musicale homme-machine et étudie la dialectique entre planification et réactivité dans les systèmes interactifs dédiés à l'improvisation. Ces travaux ont été initiés avec le premier prototype du système ImproTeK développé dans le cadre du projet ANR Improtech (2010-2013) et s'inscrivent dans la lignée des recherches sur la modélisation du style et l'improvisation automatique vue comme la navigation à travers une mémoire musicale provenant du jeu d'un musicien « analogique » improvisant aux côtés du système ou d'un corpus préalablement appris (OMax). On cherche ici à appréhender l'improvisation pulsée et dite « idiomatique » (c'est-à-dire se référant à un idiome particulier) en opposition à l'improvisation « non idiomatique » à laquelle étaient dédiées les recherches mentionnées précédemment. Dans le cas idiomatique, l'improvisateur est confronté à des questions d'acceptabilité au regard de l'idiome qui se posent donc également à un système d'improvisation voulant se frotter à l'improvisation jazz, blues, rock... sans être pour autant limité à des règles impératives interdisant toute transgression et digression. En s'appuyant sur l'existence d'une structure formalisée antérieure à la performance dans de nombreux répertoires improvisés (une « grille d'accords » par exemple) ces travaux proposent : un modèle d'improvisation guidée par un « scénario » introduisant des mécanismes d'anticipation ; une architecture temporelle hybride combinant anticipation et réactivité ; et un cadre pour composer des sessions d'improvisation à l'échelle du scénario. Au cours de cette thèse, un modèle pour l'improvisation musicale guidée par une structure formelle a été développé. Dans ce cadre, « improviser » signifie articuler une

mémoire musicale et un « scénario » guidant l'improvisation, une « grille d'accords » dans l'improvisation jazz par exemple. Ce modèle permet d'assurer la conformité des improvisations de la machine au scénario, et utilise la connaissance a priori de la structure temporelle de l'improvisation pour introduire des mécanismes d'anticipation dans le processus de génération musicale, à la manière d'un musicien prévoyant la résolution d'une cadence.

Les récents travaux ont permis son intégration dans un cadre dynamique d'improvisation guidée. Dans ce cadre, une « réaction » ne peut pas être vue comme une réponse épidermique et instantanée mais doit tirer profit de la connaissance du scénario pour s'inscrire dans le temps. La question de la conciliation entre planification long-terme et réactivité est abordée en modélisant l'improvisation guidée comme des appels dynamiques à des processus statiques, c'est-à-dire des appels « online » à un modèle « offline » [Nika15]. Pour pouvoir jouer avec des musiciens et en utilisant le son de ces musiciens, cette architecture propose également un module de rendu audio permettant d'improviser en utilisant le son des co-improvisateurs, tout en étant synchronisé avec le temps réel de la performance, mesuré par un tempo possiblement fluctuant.

La généralité de l'association « scénario/mémoire » et la possibilité de définir des scénarios dynamiques incitent à explorer d'autres directions que l'improvisation jazz. Des scénarios décrits avec un alphabet spécifique à un projet musical ou en termes de descripteurs audio-musicaux permettent d'aborder d'autres modes de guidage de l'improvisation musicale. De cette manière, les musiciens pour qui la définition d'un alphabet musical et la conception de scénarios d'improvisation font partie intégrante du processus créatif peuvent être impliqués en amont de la performance. Ces recherches ont été menées en interaction constante avec des musiciens experts, en intégrant pleinement ces collaborations au processus itératif de conception des modèles et architectures lors de performances et séances d'expérimentation. Au cours de ces collaborations, les sessions d'expérimentations ont été associées à des entretiens et séances de réécoute afin de recueillir de nombreuses appréciations formulées par les musiciens pour valider et affiner les choix technologiques [Chemillier15].

#### Articulation des paradigmes de planification (scénario) et de réactivité instantanée

*Stage Atiam d'A. Chemla-Romeu-Santos, direction J. Nika et G. Assayag dans DYCI2*

Le stage de Master d'Axel Chemla-Romeu-Santos a amorcé les recherches futures portant sur l'association d'une planification à long terme et d'une écoute réactive dans l'improvisation homme-machine. Le prototype d'architecture élaboré [Chemla15] vise à guider simultanément l'improvisation de la machine selon deux dimensions associées à des temporalités différentes : une dimension de conduite définissant une structure temporelle (par exemple une grille

d'accords ou un profil représentant l'évolution d'un descripteur audio-musical) et une dimension réactive pilotée par l'écoute d'entrées musicales (analysées selon un descripteur choisi). Cette architecture repose sur la communication entre un module d'anticipation inspiré d'ImproteK et un module de réaction inspiré de SoMax (Bonnasse-Gahot, 2014).

#### Apprentissage de structures musicales symboliques en situation d'improvisation

*Thèse de K. Deguernel, direction E. Vincent (Inria Nancy) et G. Assayag, 2015-2018 dans DYCI2*

Cette thèse démarrée en mars 2015 se situe dans le contexte de l'interaction musicale improvisée entre un ou plusieurs agents numériques et un improvisateur humain. Le logiciel OMax est une référence reconnue par les chercheurs comme par les acteurs de la création contemporaine. Ces systèmes sont aujourd'hui capables d'apprendre et de générer des séquences musicales extrêmement réalistes, mais dont l'évolution reste gouvernée par une seule dimension musicale (typiquement, la hauteur) à une seule échelle (typiquement, une demi-mesure) indépendamment des réactions des improvisateurs humains. Le but de la thèse est de concevoir, de mettre en œuvre et d'évaluer un système d'interaction musicale improvisée permettant de capturer les structures musicales multidimensionnelles et multi-échelles émergeant dans un certain contexte d'improvisation et donnant la possibilité à chaque agent numérique d'apprendre par les réactions d'autres agents à ses propres productions. Nous proposons d'apprendre les dépendances entre plusieurs dimensions musicales (durées, hauteurs, intensités, timbres, harmonie) en intégrant le modèle de séquences formelles appelé « oracle des facteurs » à l'approche bayésienne. Nous cherchons ensuite à augmenter ou diminuer la probabilité des séquences générées en fonction des réactions des autres agents dans un cadre d'apprentissage par renforcement. Nous visons enfin à développer une version hiérarchique de l'oracle des facteurs, permettant de représenter à la fois les blocs structurels et la structure interne de chaque bloc (« aaba », « aabc » ou « abac », par exemple). Le succès du système développé sera jugé par des auditeurs experts et des improvisateurs.

#### Adaptation temporelle de l'interaction

*Thèse de K. Sanlaville, co-encadrée par G. Assayag, F. Bevilacqua (ISMM) et Catherine Pelachaud (Télécom Paris-Tech) dans le cadre du Projet SeNSE dans le Labex SMART, 2014-2017 et DYCI2*

Le projet SeNSE du Labex SMART porte sur le traitement du signal social afin de repousser certains verrous théoriques portant par exemple sur la gestion de la multimodalité ou l'étude de la temporalité intra- et inter-partenaires. Dans le cadre de ce projet, nous sommes responsables d'une tâche concernant l'adaptation temporelle de l'inte-

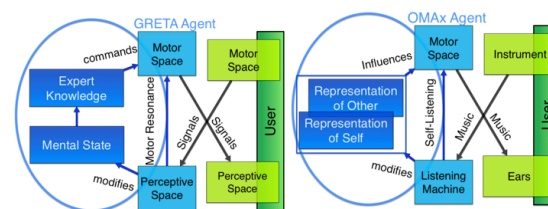
raction. Le travail de thèse de Kevin Sanlaville correspond précisément à cette thématique.

L'objectif de la thèse est de développer un système adaptatif et anticipatif de la gestion collective de l'interaction en prenant en compte les différentes échelles temporelles de cette interaction. Cela implique de reconnaître et adapter des phénomènes à court terme (réactions, synchronisation) ainsi que des phénomènes à long terme (émergence formelle) et mettant à jour des représentations multi-échelles et hiérarchiques de l'interaction (impliquant des représentations cognitives ou état mentaux). Le travail de thèse mettra à profit des connaissances, modèles et systèmes qui se développent pour l'instant dans des domaines séparés : agents conversationnels, interaction musicale et improvisation (« agents créatifs autonomes » et projet OMax, interaction mouvements/processus sonores, etc.) La formalisation d'un modèle cohérent d'interaction permettant de traiter ces différents domaines nécessite une approche globale de l'interaction permettant d'envisager de nombreuses autres applications. Ce travail se focalise particulièrement sur divers aspects de l'« expressivité » mise en œuvre dans l'interaction, et non sur les aspects purement langagiers (texte parlé ou musical), qui seront traités en intégrant les systèmes existants à l'Ircam et à Télécom-ParisTech. La thèse est structurée autour de deux cas d'applications principales, à savoir l'improvisation musicien-ordinateur et l'interaction humain-agent conversationnel.

Cette année, un effort particulier a été fait sur la notion d'émergence de la synchronicité dans un modèle adaptatif d'interaction multi-agents envisagée comme une forme privilégiée d'adaptation temporelle.

Un système collectif d'interaction va évoluer en s'adaptant pour répondre aux stimuli issus du contexte. Cette adaptation/synchronisation se produit à différents niveaux d'abstraction et différentes échelles de temps. Cette synchronie est définie par Delaherche & al comme une adaptation dynamique et réciproque de la structure temporelle de comportements entre les partenaires interagissant, multimodale et agissant dans un cadre coopératif comme compétitif. Cette caractéristique émergente possède des fonctions de cohésion sociale et d'incitation à la coopération. Nous avons commencé de modéliser l'émergence de synchronicité dans un groupe d'agents à travers la figure du turn-taking modifié (Ravenet & al). Notre modèle décrit l'état d'un individu et la façon dont il perçoit les autres agents, de sorte à produire une sortie sémantique, accompagnée de signes secondaires non-verbaux (typiquement dans le cas linguistique, conversation et animation du corps). Les états peuvent inclure les « sentiments » positifs ou négatifs envers un partenaire, la domination (capacité d'un agent d'influer significativement sur le comportement des autres) (liking/dominance), et le modèle rend compte de leur dynamique dans le temps. Un agent a accès à l'état explicite des autres (attente, intervention etc.) mais pas aux

« sentiments » et doit donc les inférer (notamment à l'aide d'un HMM). La synchronie attendue se manifeste donc dans la cohérence des prises de paroles (turn taking).



Architecture inter-agents dans le cas conversationnel et dans le cas musical

### L'acte créateur entre culture de l'oralité et cognition musicale : analyse des stratégies performatives et cognitives des musiques du bassin méditerranéen

Le présent projet, effectué en collaboration avec l'équipe Perception et design sonores, fait suite au programme ANR CréMusCult, période 2010-2014 réalisé avec les équipes PDS et RepMus et les Universités de Strasbourg et de Jyväskylä en Finlande

L'écoute est un élément central de la relation humaine. Paradoxalement, c'est un élément dont l'étude est très peu prise en compte dans le champ des complexités culturelles. L'importance d'une modélisation des comportements cognitifs liés à l'écoute musicale est un point d'entrée déterminant pour la connaissance des stratégies d'appropriation patrimoniales. L'influence de l'acculturation sur les styles d'écoutes est relativement connue, et conduit à une forme de communautarisme que la sociologie de la musique a décrite dans de nombreux cas de figure. L'incidence de ce phénomène sur la compréhension et la diffusion des corpus se traduit par une étanchéité relative des goûts musicaux en fonction des catégories sociales et géographiques, et cela malgré la production massive de produits musicaux standardisés du fait de la globalisation. Ainsi, on est confronté, soit à une assimilation qui reste sélective des spécificités culturelles dans des cercles de plus en plus restreints, soit à leur disparition dans l'horizon d'un « moins-disant » artistique revendiquant une posture plus consensuelle.

L'immense terrain musical que représente le bassin méditerranéen est un exemple fascinant de transfert d'éléments culturels, mais aussi de construction de spécificités identitaires. La compréhension de ses mécanismes implique la construction d'une anthropologie globale du phénomène de l'écoute, pour laquelle la connaissance approfondie des aspects cognitifs, dans le rapport qu'instaure la musique avec la mémoire et les interactions humaines, est essentielle.

D'autre part, une meilleure connaissance des enjeux de l'écoute peut également modifier la perception de la création et la réception de la nouveauté en art. Cela peut aussi

avoir une incidence sur les conceptions de la pédagogie musicale, en suggérant de passer d'un apprentissage des musiques spécifiques à un développement de l'écoute elle-même. Rendre familier un style musical ne suffit pas à en assurer l'appropriation, il faut aussi accompagner les centres d'intérêt auditifs en construisant une attention. L'importance pour la recherche musicale de permettre conjointement la représentation des œuvres et celle des configurations mentales qu'elles impliquent, est sans doute un des grands enjeux de l'analyse cognitive et c'est précisément un des objectifs majeurs de ce projet de recherche. Afin de rendre compte de la diversité stylistique des pratiques sociales en Méditerranée, une collection de documents audiovisuels est en cours de création afin :

- d'analyser et de visualiser le corpus étudié (les œuvres orales improvisées) ;
- de décrire une finesse d'écoute particularisée des auditeurs ;
- d'apprécier les gestes créatifs des musiciens improvisateurs dans leur rapport complexe avec les normes de la tradition, l'esthétique du groupe social, les pratiques d'écoute communautaire et individuelle ;

- de comprendre l'impact de la modernité et de la globalisation sur les processus de création musicale dans les milieux traditionnels ;
- et enfin, de construire une pédagogie moderne et interactive destinée à tous les publics (musicologues, auditeurs, etc.).

Cet outil, à la fois conceptuel, expérimental, pratique, permettra d'exploiter la diversité des genres et des savoirs musicaux de tradition orale du bassin Méditerranéen. Ceci répond à une attente à la fois pédagogique, culturelle, artistique, mais aussi technologique. La transmission et la gestion efficace de ce riche patrimoine musical – sous une forme électronique et multimédia, par le biais des outils informatiques élaborés en collaboration avec les partenaires du projet – nécessitent la prise en compte des caractéristiques perceptives et cognitives, ainsi que de leur enracinement culturel et anthropologique.



Les musiciens de l'étude tout autour du bassin méditerranéen : un corpus de qualité exceptionnelle, inédit à ce jour.



## ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	3,5	Revue à comité de lecture	14	Nationaux et régionaux Wave, Gemme	2	Akademie der Künste Berlin (ALL) Association Jean Barraqué (FR) Bärenreiter (ALL.) CRAL, EHESS-CNRS (FR)	G. Aperghis S. Ballon F. Bedrossian M. Desmons J. Nordin ONCEIM		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	8	Conférences avec comité de sélection	2	Internationaux		CRUHL, Univ. de Lorraine (FR) CTEL, Univ. Nice-Sophia Antipolis (FR) HÉM/Cons. de Genève (C.H.) IreMUS, CNRS et Paris-Sorbonne (FR) LaBri, CNRS (FR) Fondation Mozilla France (FR) Universal Music Publishing Classical France (FR) MIRAGE, Univ. Udine (IT)			
Doctorants	2	Ouvrages et chapitres	13	Contrats industriels					
Stagiaires	1	Thèses de doctorat et HDR							

Responsable : Nicolas Donin

L'équipe Analyse des pratiques musicales développe une musicologie interdisciplinaire des œuvres et des pratiques musicales contemporaines (XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles), en se concentrant sur l'étude des musiques instrumentales, électroniques, expérimentales, improvisées. Son programme de recherche fait appel à plusieurs branches de la musicologie et des sciences humaines et sociales. Il débouche sur des publications scientifiques dans les différentes communautés de recherche intéressées (de l'analyse musicale à l'anthropologie en passant par les études littéraires), mais aussi par des réalisations pédagogiques, des prototypes d'applications web, des éditions critiques de partitions et d'écrits de musiciens, des films documentaires, etc.

En 2015, comme en 2014, notre activité a été notablement structurée par les deux projets ANR coordonnés dans l'équipe : Gemme (Blanc SHS) porte sur la relation entre geste musical et invention, explorée sous plusieurs angles historiques et esthétiques ; Wave (ContInt) porte sur les moyens technologiques d'édition, de représentation et de traitement du son dans le contexte nouveau créé par l'inclusion progressive de l'audio au sein de l'écosystème technique du web. En lien avec ces projets, nous avons organisé deux conférences ambitieuses : la première édition de la Web Audio Conference associant l'Ircam et Mozilla (jan-

vier) et la troisième édition de la conférence Tracking the Creative Process in Music (octobre) associant l'Ircam, Paris-Sorbonne et l'université de Nice.

Outre ces aboutissements, l'année a été marquée par l'émergence de sujets de recherche nouveaux dans l'équipe : d'une part une approche ethnographique et philosophique de l'improvisation, grâce au recrutement de Clément Canonne comme chargé de recherche au CNRS (section 35), dont nous saluons l'arrivée, d'autre part les dimensions collaboratives des processus de création (coordination d'un numéro thématique de revue sur ce thème et accueil de la recherche postdoctorale de José Luis Besada financée par le LabEx CAP).

### ■ Le paradigme gestuel dans la musique contemporaine

Gemme (Geste musical : modèles et expérimentations, 2012-2015, prolongé en 2016) associe l'équipe APM et le laboratoire CTCL de l'Université de Nice Sophia Antipolis. Plusieurs volets du projet ont été achevés ou réalisés pendant l'année : enquête sur les poétiques actuelles du geste dans la musique contemporaine (M.A. Magalhaes, N. Donin) ; suivi de la production de *Sculpting the Air* de Jesper Nordin (B. Bacot, F.-X. Féron) ; analyse génétique d'une collaboration historique compositeur/interprète (N. Donin) ; monographie sur Helmut Lachenmann

(L. Feneyrou). Deux temps forts publics ont été organisés au sein de festivals : «Inventing Gestures: New Approaches to Movement, Technology and the Body in Contemporary Composition and Performance» (Paris, ManiFeste, 8 juin) et «Geste en musiques : interactions/ré-actions» (Nice, MANCA, 24 novembre).

#### Geste instrumental : compositeurs et interprètes en dialogue

Dans le prolongement de leur enquête sur les esthétiques gestuelles au XXI<sup>e</sup> siècle, N. Donin et M. A. Magalhaes ont interrogé la relation actuelle entre les techniques de jeu idiomatiques des instrumentistes et les modes de travail collaboratif des compositeurs, à partir de deux études de cas portant à chaque fois sur un instrument à corde solo : *Parlando* (2009), écrit par Georges Aperghis (\*1945) pour le contrebassiste Uli Fusseneger, et *The spider as an artist* (2014) écrit par Franck Bedrossian (\*1973) pour la violoncelliste Séverine Ballon. Dans la première œuvre, des procédures d'écriture typiques d'Aperghis telles que l'accumulation/variation de petites cellules sont amalgamées à des techniques instrumentales apportées par Fusseneger. Dans la seconde, le principal challenge pour le compositeur était de se réapproprié par l'écriture le matériau sonore idiosyncrasique produit par la violoncelliste au cours de leurs échanges préliminaires. En incorporant à l'œuvre certaines techniques de préparation de l'instrument propres à Ballon, Bedrossian modifie ses options compositionnelles de départ afin de poursuivre l'exploration timbrale qui avait été amorcée en dialogue avec l'instrumentiste. Chez Aperghis au contraire, il y a en quelque sorte passage de relais, les affinements instrumentaux étant assimilés à la part d'interprétation d'un texte volontairement minimal dans sa notation. Cette comparaison a été mise en perspective avec les modèles mieux connus de collaborations compositeur/interprète propres à l'avant-garde des années 1950-60 (voir notamment hal-01253477).

#### Geste et organologie dans les musiques électroniques

Le suivi de production de *Sculpting the Air* de Jesper Nordin, démarré à l'automne 2014, s'est achevé en 2015. L'œuvre, commandée par l'Ircam-Centre Pompidou, le Grame (dans le cadre du projet ANR Inedit) et le Statens musikverk, a été créée le 13 juin 2015 à Nanterre durant le festival ManiFeste par l'ensemble TM+, dirigé à l'occasion par Marc Desmons. Durant le processus de production, le compositeur a travaillé en collaboration étroite avec le chef d'orchestre et le réalisateur en informatique musicale, Manuel Poletti. Le dispositif technologique de la pièce a en effet requis la présence du chef d'orchestre pendant les phases de mise au point de l'électronique, contrôlée par ses gestes dans l'espace de captation de deux caméras Kinect entourant le pupitre de direction. Celles-ci analysent les gestes et en acheminent leurs caractéristiques sous forme de données

vers une application pour tablette tactile développée par le compositeur, «Gestruent». L'intérêt principal du suivi de production a résidé dans la dimension collaborative de la concrétisation de *Sculpting the Air* et les conséquences des remarques du chef et du RIM sur la version finale de l'œuvre. La notation des gestes du chef sur la partition a également été l'objet d'un travail ayant généré plusieurs versions du texte : les symboles imaginés par le compositeur devaient être à la fois suffisamment explicites pour ne pas ralentir la lecture mais assez précis pour restituer la pensée musicale du compositeur. L'idée d'une contamination électronique en temps réel des gestes traditionnels de direction a permis au compositeur d'expérimenter ce qu'on pourrait appeler une «conduite techno-augmentée» de l'ensemble, impliquant directement le chef dans la création de la matière sonore électronique (superposée à celle, acoustique, des musiciens), d'en éprouver les limites technologiques ainsi que les contraintes corporelles dans l'interprétation.

#### Musique et danse : geste, temps, écriture

La diffusion du projet *Gemme* a permis d'amorcer un dialogue avec la communauté de la recherche en danse, dans le contexte paradoxal d'un très faible niveau d'échanges interdisciplinaires entre ce domaine et la musicologie malgré l'importance des objets et problématiques partagés de facto (ballet, scène, performance, geste). En mai, N. Donin a contribué, avec J.-L. Plouvier (Ictus), à une rencontre publique organisée par B. Cvejic dans le cadre de l'exposition *Work/Travail/Arbeid* d'Anne Teresa De Keersmaeker à Wiels (Bruxelles), voir <http://geste.hypotheses.org/251>. J.-F. Trubert a développé une technique d'analyse musicale de séquences de théâtre musical, appliquée à des exemples de Kagel et Aperghis, inspirée de la structure de l'effort de Laban, donnant lieu à des échanges avec des spécialistes de la notation Laban. Enfin N. Donin a contribué à la conférence internationale «Music-Dance: Sound and Motion in Contemporary Discourse and Practice» (Venise, Fondazione Giorgio Cini, juillet), occasion d'une cartographie des points de convergence, complémentarités et différences entre études du musical et du chorégraphique.

#### ■ Analyser les processus créateurs

L'analyse des processus de création musicale est en plein développement à l'échelle internationale et l'équipe continue d'y jouer un rôle moteur à travers des projets de recherche qui renouvellent les objets (débordement du paradigme de la composition solitaire au profit d'une définition plus large de la créativité musicale et d'une meilleure prise en compte des dimensions collectives et sociales) et par une implication active dans la conférence biennale «Tracking the Creative Process in Music», dont nous avons co-organisé la 3<sup>e</sup> édition à Paris cette année.

### Tracking the Creative Process in Music: Musicae Scientiae special issue

Nicolas Donin et Caroline Traube ont édité un numéro thématique de la revue *Musicae Scientiae* reflétant les nouvelles méthodologies d'étude empirique des processus de création, à la frontière entre analyse musicale (génétique), psychologie, sociologie et ergonomie. Basé principalement sur des communications au colloque TCPM 2013 (Montréal), ce numéro paraîtra au printemps 2016. Participant(e)s: Hyacinthe Ravet (direction d'orchestre), Isabelle Héroux (duo d'interprètes), Emily Payne (dialogue interprète/compositeur), Andreas C. Lehmann (improvisation jazz), Guillaume Boutard (interprétation de musique mixte temps réel), Amanda Bayley et Nicole Lizée (composition, technologie, interprétation), Hans Roels (composition), Laura Zattra et Nicolas Donin (réalisation informatique musicale), François Delalande (postface au numéro).

### Tracking the Creative Process in Music: 3<sup>e</sup> édition, Paris

La troisième édition de TCPM s'est tenue à l'Ircam, au Centre Pompidou, à la Sorbonne et au Conservatoire National Supérieur de Musique et de Danse de Paris, du 8 au 10 octobre, rassemblant une communauté de chercheurs et chercheuses francophones et anglophones venus de divers horizons disciplinaires (histoire, analyse musicale, psychologie, sciences cognitives, sociologie, ethnomusicologie, anthropologie, informatique). L'objet de cette conférence internationale est de faire progresser la connaissance des procédés, techniques, savoirs et savoir-faire mis en œuvre par les musiciens dans leurs démarches de création, en prenant en compte le récent élargissement du champ des études génétiques: autrefois focalisées sur les archives manuscrites des compositeurs consacrés par la tradition, ces études abordent désormais des documentations plus variées (des annotations d'interprètes aux nouveaux supports d'inscription technologiques), font apparaître des figures inédites de la création (interprétation, improvisation, ingénierie du son, design sonore, etc.) et des objets de recherche qui débordent le texte pour interroger les dimensions sociales et cognitives des activités créatrices. Plusieurs temps forts ont marqué le colloque: deux conférences, l'une donnée par Georgina Born, l'autre par Nicholas Cook; deux ateliers, l'un sur la pratique de la direction d'orchestre au prisme du genre avec les cheffes d'orchestre Claire Gibault et Dominique My, l'autre donnant lieu à la reconstitution de *Sonant 1960/... (1960)* et de *Dressur (1977)* de Mauricio Kagel, en compagnie de musiciens ayant participé à sa création; deux tables rondes, l'une autour de l'ouvrage *Music Sketches (2015)* de Friedemann Sallis, l'autre autour de l'ouvrage *The Economics of Creativity (2014)* de Pierre-Michel Menger. Outre les participant(e)s au colloque, ces divers événements ont été suivis par un public nombreux.

De façon synchronisée avec TCPM 2015 est paru, sur la même thématique, l'ouvrage *Genèses musicales* (hal-01253356) codirigé par N. Donin avec A. Grésillon et J.-L. Lebrave, spécialistes de critique génétique et anciens directeurs de l'Institut des Textes et Manuscrits Modernes (CNRS-ENS). Ce volume présente un panorama des connaissances sur les processus de création musicale, placées dans une double perspective: celle du développement historique des recherches sur la genèse des œuvres musicales depuis la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle; et celle du dialogue interdisciplinaire qui s'est établi au XXI<sup>e</sup> siècle entre musicologie et critique génétique.



### Penser l'improvisation

À bien des égards, les situations d'improvisation musicale nous permettent de saisir in vivo certains des aspects les plus fondamentaux des processus de création et des comportements créatifs: la nature dynamique et temporellement ancrée des processus créatifs (et c'est la spécificité de l'improvisation que de «mettre en scène» ce temps de la création); les aspects collaboratifs, implicites ou explicites, que sous-tendent souvent ces processus (et l'improvisation est communément une pratique collective) et enfin la dimension située et incarnée de ces processus (et l'improvisation présente de manière indissociable l'invention d'une idée musicale, sa réalisation instrumentale par le musicien et son inscription dans l'environnement de la performance).

Dans cette perspective, Clément Canonne a entrepris la réalisation d'une enquête ethnographique auprès de l'Orchestre de Nouvelles Créations, Expérimentations et Improvisations Musicales (ONCEIM), fondé en 2012 par le pianiste Frédéric Blondy et réunissant une trentaine d'improvisateurs confirmés de la scène parisienne. Clément Canonne a ainsi documenté (audio et vidéo) une résidence de 3 jours de l'ONCEIM dans le cadre du Festival Densités à Fresnes-en-Woëvre en octobre 2015, collecté un certain nombre de commentaires «à la première personne» sur une improvisation réalisée lors de cette résidence via la plateforme web MERID, réalisé une quinzaine de longs entretiens semi-directifs avec les musiciens de cet ensemble et amorcé l'analyse systématique des improvisa-

tions enregistrées. Les résultats de ce travail feront l'objet d'un article consacré à la question de la « répétition » de l'improvisation et d'une présentation à la Fourth Performance Studies Network Conference (Bath, 2016).

#### Penser la créativité collaborative

Contre la tendance de la recherche sur les processus de création à isoler le travail des auteur(e)s (tant en littérature qu'en peinture et en composition musicale), nous avons mené une réflexion pluridisciplinaire sur la créativité collaborative à travers la réalisation d'un numéro thématique de la revue internationale de critique génétique, *Genesis*. Elle se poursuit depuis novembre 2015 à travers un post-doctorat d'un an consacré à la collaboration art/science/technologie dans une nouvelle œuvre de Hèctor Parra.

- *Genesis* n° 41, « Créer à plusieurs mains » : ce numéro traite de la dimension collaborative de la création, à la fois là où elle va de soi (théâtre, cinéma) mais aussi dans des formes artistiques où le mythe du génie solitaire a longtemps rendu invisible, illégitime, l'intervention de mains multiples (composition littéraire et musicale). Les cas abordés vont de la collaboration Berio/Holliger (*Sequenza VII*) à l'OuLiPo en passant par le rôle des techniciens dans une mise en scène de Chéreau et la question de la signature dans l'art contemporain. La parution du numéro a été marquée par une table-ronde à l'Ircam en décembre, avec la participation de Daniel Ferrer, Pierre-Michel Menger, Marie-Madeleine Mervant-Roux et Anne Réach-Ngô.
- Post-doc de José Luis Besada (financement LabEx Création, Art, Patrimoine) : en 2016 le compositeur catalan Hèctor Parra écrira une nouvelle œuvre mixte (pour ensemble, orchestre et électronique) en collaboration avec un astrophysicien (Jean-Pierre Luminet) et un RIM de l'Ircam (Thomas Goepfer), provisoirement intitulée *INSPACE*. Le projet musicologique « Collaborations musique-science(s) : Genèse de l'œuvre *INSPACE* d'Hèctor Parra » ([http://labexcap.fr/wp-content/uploads/2015/11/Projet-de-recherche\\_BESADA.pdf](http://labexcap.fr/wp-content/uploads/2015/11/Projet-de-recherche_BESADA.pdf)) vise à étudier in vivo le processus de création de cette pièce, mettant l'accent, grâce à un suivi ethnographique, sur les transferts et les partages cognitifs et formels entre le compositeur et ses deux collaborateurs.

#### Penser l'évaluation de la musique contemporaine et ses mécanismes de commande

La figure du commanditaire est souvent absente des études et des analyses portant sur la musique contemporaine. Face à cette lacune, le travail de doctorat d'A. Fryberger a deux objectifs. D'abord, comprendre la nature de l'interaction entre compositeur et commanditaire en musique contemporaine : s'agit-il d'une collaboration, d'un travail de prescription, d'un « simple » échange économique ? Le deuxième objectif est une interrogation plus générale sur

le travail d'évaluation par les pairs effectué dans les instances de commande : comment est-il mené, sur quoi s'appuie-t-il ? Les données qualitatives et quantitatives de cette étude ont été collectées auprès de deux organisations : New Music USA et le ministère de la Culture (France). L'analyse mobilise la littérature sociologique sur l'évaluation et les études comparatives USA/France dans le domaine culturel. Les premiers apports de cette étude ont fait l'objet de deux publications à ce jour [hal-01259764 et hal-01259760]. Un projet de numéro thématique consacré à la commande en musique contemporaine a été accepté par la revue *Circuit* (Presses Universitaires de Montréal) pour parution en 2016.

#### ■ **Musique et audio face aux technologies web**

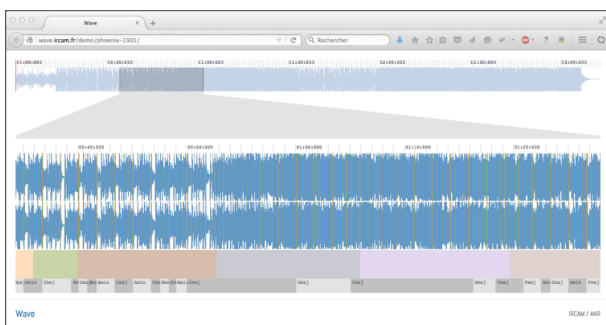
##### Transferts de savoirs et technologies musicales et audio-numériques dans le navigateur web

Le projet Wave, acronyme de Web Audio Visualisation/Édition, a été le premier projet d'ampleur coordonné par l'Ircam à amorcer les transferts de savoirs et technologies d'informatique musicale vers l'écosystème web.

Aujourd'hui, le navigateur web est un système d'exploitation à part entière, standardisé par le W3C, utilisé par des milliards de personnes simultanément, hôte universel d'applications connectées et multi-utilisateurs, qui propose des expériences utilisateur inédites. Si l'on considère la façon dont Google Doc a révolutionné l'utilisation du traitement de texte et tend à remplacer Microsoft Word en rendant notamment possible la collaboration à plusieurs et à distance, il était indispensable de s'interroger sur les équivalents dans le champ de l'informatique musicale. Mais, contrairement au texte ou à la vidéo, l'audio était jusqu'à présent très mal intégré au navigateur par manque de cas d'usages concrets et innovants. Le projet Wave a permis de consolider les technologies Web Audio dans cet écosystème. Ce changement de paradigme, où désormais les technologies audio sont disponibles dans le navigateur, est l'amorce d'une révolution de ses usages.

Le projet à travers la librairie waves.js fournit les primitives nécessaires à de nombreuses applications musicales dans un contexte web, depuis la « simple » représentation interactive d'une segmentation d'un fichier son, jusqu'au développement d'une station de travail audionumérique (DAW) en ligne. Ces primitives ont été utilisées pour l'ensemble des démonstrateurs du projet (consultables à l'adresse <http://wave.ircam.fr/demo>).

Le projet Wave a interagi avec deux autres projets ANR : CoSiMa pour questionner les usages des technologies Web Audio dans un contexte multiutilisateur et participatif ; et DIADEMS pour enrichir les cas d'usages de la librairie dans un cadre de recherches en sciences humaines.



### Première édition de la Web Audio Conference

Un champ de recherche consacré au «Web Audio» (au-delà même du standard Web Audio API édicté par le W3C) a été structuré grâce au projet Wave. Pour faire émerger ce nouveau champ de recherche scientifique et technologique, nous avons réuni des développeurs, des chercheurs en informatique musicale et des personnes impliquées dans les standards du web, au sein d'une conférence co-organisée avec la Fondation Mozilla : la WAC (Web Audio Conference). Après la 1<sup>ère</sup> édition en janvier à Paris, cette conférence se tiendra de nouveau en 2016 à GeorgiaTech Atlanta avec la participation prolongée des acteurs de Wave.

La première édition de la WAC a réuni une centaine de personnes et activement participé à la dissémination des problématiques Web Audio dans plusieurs communautés. Cela permettra aux standards du web émergents de mieux refléter la multitude d'usages de l'audio dans le navigateur – de simples jeux vidéo à de véritables applications audio interactives, participatives et distribuées à la pointe des technologies d'informatique musicale.

### Le projet Analyses (APM/CRI)

Le but de ce projet est de mettre à disposition du public une large collection de «focus» sur les grandes œuvres musicales réalisées à l'Ircam (ou en collaboration directe). Même pour des pièces mixtes aussi importantes que *Dialogue de l'ombre double* de Boulez, *Amers* de Saariaho ou *Metallics* de Maresz, nous avons une documentation technique précise mais pas de documentation sur les intentions musicales qui sont «derrière» la technologie. Ce projet, démarré par Andrew Gerzso il y a plusieurs années, fait écho à une initiative pionnière de Marie-Hélène Serra diffusée au sein de la Médiathèque à la fin des années 1990. Ces analyses s'adressent à plusieurs publics : interprètes, RIMs, musicologues, étudiant(e)s en musique – et toute personne curieuse de ces musiques, au-delà de motifs professionnels.

Le format de publication des analyses en ligne a été repensé : il ne s'appuie plus sur le logiciel Scenari, mais sur un formatage simple de type Markdown, permettant de procéder très rapidement à la mise en ligne du contenu

à partir du texte de l'auteur relu et accepté. En novembre 2015, cinq premières analyses sont parues sur le site <http://brahms.ircam.fr/analyses/> concernant les œuvres suivantes : *Dialogue de l'ombre double* (Boulez), *Metallics* (Maresz), *NoaNoa* (Saariaho), *Traiettorria* (Stroppa), *Mortuos Plango*, *Vivos Voco* (Harvey).

Alain Bonardi a réuni et coordonne un comité éditorial qui assurera le travail de relecture, d'édition et de proposition de nouvelles œuvres, sur une base annuelle. Il est constitué, pour 2016, de Bruno Bossis, Guillaume Boutard, François-Xavier Féron, Pierre Michaud, Laurent Pottier, João Svidzinski et Vincent Tiffon. Le comité finalisera une dizaine d'analyses en 2016.

### ■ Histoire et historiographie musicales

#### Pour une musicologie des années 1940-1950 en France

Le manuscrit complet (sauf l'introduction) du volume collectif *Horizons de la musique en France 1944-1954*, sous la direction d'A. Poirier et L. Feneyrou, a été remis aux éditions Vrin – un volume incluant 45 chapitres, dont la publication est prévue en 2017. Si, ces dernières années, des études ont été consacrées à la vie musicale sous Vichy et à la création musicale française du milieu des années 1950, entre ces deux champs d'investigation, désormais balisés, l'histoire musicale de l'immédiat après-guerre restait à écrire. *Horizons de la musique en France*, délimité par la publication, en 1944, de *Technique de mon langage musical* d'Olivier Messiaen et le premier concert, en 1954, du *Domaine musical*, s'attache à étudier des problématiques compositionnelles, pédagogiques et institutionnelles, qui apparaissent dans ces années d'après-guerre, une période qui voit jaillir les fondations sur lesquelles nous vivons encore, pour partie.

Ces travaux contribuent plus généralement au renouveau actuel de l'historiographie des musiques d'avant-garde entre la Seconde guerre mondiale et les années 1970. Dans ce contexte, N. Donin a étudié les archives privées de Claude Samuel relatives à plusieurs de ses collaborations éditoriales avec Messiaen et Boulez ; A.-S. Barthel-Calvet a publié un chapitre d'ouvrage consacré aux contraintes de la commande chez Xenakis et préparé un projet d'ouvrage collectif intitulé «Rethinking New Music in Post-War Europe» ; L. Feneyrou a poursuivi l'édition critique de *juvenilia* et d'œuvres de J. Barraqué pour Bärenreiter (*Melos*, *La Nostalgie d'Arabella* et *Musique de scène*, dernières œuvres du projet initial destinées à la publication). L'année 2015 a en outre été marquée par une relance de l'Association Jean Barraqué par L. Feneyrou (trésorier) et F. Durieux (président) et par la rédaction d'un article de L. Feneyrou sur l'historiographie de l'œuvre barraquéenne.

#### Représentations artistiques de la violence 1967-1977

L. Feneyrou a enrichi une monographie centrée sur l'œuvre de Helmut Lachenmann, mais inscrivant plus généralement celle-ci dans les querelles sur l'art musical engagé (entre Lachenmann, Henze, Boehmer, Nono...), dans les débats politico-esthétiques de la RFA des années 1970, entre la révolte des étudiants et l'«Automne allemand». Cet ouvrage inclut désormais, outre des commentaires et des analyses d'œuvres musicales emblématiques, ainsi que la traduction française de nombreux textes musicaux et politiques encore inédits sur le sujet, une mise en perspective de cette représentation musicale avec les autres arts (littérature, cinéma, arts plastiques) qui se sont attachés à l'extrême violence agitant alors la société ouest-allemande. Une part de cet ouvrage s'inscrit dans les recherches de l'ANR Gemme (voir plus haut), en étudiant le geste musical en regard du geste politique dans ses formes les plus radicales. L'ouvrage sera publié par les Éditions mf.

#### Revisiter le spectralisme

Depuis septembre 2015, Jonathan Cross (Université d'Oxford) est membre invité de l'équipe, où il commence des recherches sur la musique spectrale. La première étape a consisté en une immersion dans les œuvres et les processus créatifs, y compris par des entretiens avec des compositeurs et interprètes des 1e, 2e et 3e «générations spectrales». Plus largement, le projet repense des enjeux historiographiques, esthétiques (conceptions du temps) et de réception dans le contexte du modernisme au tournant du XXIe siècle. Divers articles et communications sont proposés pour 2016, notamment une série de trois colloques à l'Ircam et à Oxford, sous le titre «Rencontres spectrales/Spectral Encounters», dédiées respectivement à l'interprétation, l'historiographie et la création.

D'autre part, conjointement avec S. Lemouton au département Production, nous avons accueilli un doctorant du laboratoire MIRAGE (Udine), Alessandro Olto. Son séjour de recherche se focalisait sur l'identification de sources documentant le processus de création d'EnTrance par Fausto Romitelli et Laurent Pottier. Il a offert une contribution à la fois à l'analyse du répertoire spectral et post-spectral, et au développement des méthodologies de restitution des œuvres électroniques et mixtes.

#### Musiques électroniques et sciences sociales : technologies, pratiques, discours

Sous ce titre s'est tenu, les 25 et 26 juin dans le cadre de la programmation du 40<sup>e</sup> anniversaire de l'EHESS, un colloque qui fut l'occasion de dresser un bilan des travaux sur les musiques électroniques et d'éprouver l'actualité de la recherche sur cet objet. Ses dimensions ethnographiques, scénographiques, technologiques, esthétiques et sociologiques ont été explorées par de jeunes chercheurs ayant répondu à l'appel à communication. Des invités de renom ont accepté de se prêter au jeu de l'entretien public ou de la démonstration instrumentale sur l'invitation du comité d'organisation. Jeff Mills, producteur et DJ techno originaire de Detroit, a démenti le mythe du musicien du ghetto en parlant simplement de son enfance dans une famille de classe moyenne, mais aussi du rapport entre la production et la diffusion par les platines. Geert Bevin, développeur en informatique musicale et proche collaborateur de Roger Linn, a fait la démonstration du Linnstrument, une interface musicale pensée pour le jeu expressif grâce à sa surface tactile multi-points et à ses trois axes de captation gestuelle. Les tables rondes de la seconde journée ont montré que les méthodes pour aborder les musiques électroniques devaient être créatives, en réponse à l'activité innovante des artistes qui font usage de l'environnement numérique, à l'instar du logiciel ReKall (C. Bardiot et al.) qui permet de formaliser de manière génétique le suivi de production dans le champ des arts de la scène.

#### Traduction d'un essai de Giovanni Morelli

Médecin, historien de l'art, musicologue, G. Morelli a longtemps dirigé le département Musique de la Fondazione Giorgio Cini à Venise. Pour l'édition italienne de l'encyclopédie dirigée par Jean-Jacques Nattiez (Enciclopedia della musica, Turin, Einaudi), il a rédigé un essai intitulé «Musica e malattia». Cet essai, érudit, n'a pas été traduit dans l'édition française. Pourtant, son thème, largement étudié dans les domaines anglo-saxon et allemand, est encore peu commun en France. L'essai de Morelli étudie la manière dont la médecine a d'abord considéré la musique, revient ensuite sur les révolutions médicales du XVIII<sup>e</sup> siècle, dresse des pathographies de compositeurs, cherchant, à l'occasion, la trace de leurs maladies dans les œuvres, et interroge la création musicale à l'ère du cancer et du sida. L. Feneyrou a traduit cet essai de G. Morelli. En collaboration avec un historien de la médecine, il établira, en vue d'un ouvrage, un appareil critique conséquent, en particulier pour les pathographies de compositeurs.

## ÉQUIPE INTERACTION SON MUSIQUE MOUVEMENT

Effectif		Diffusion scientifique		Projets et contrats		Collaborations scientifiques		Collaborations artistiques	
Chercheurs et ingénieurs statutaires	5	Revue à comité de lecture	4	Nationaux et régionaux  Legos, Wave, Cosima, Physis, Efficace, ISMES, SeNSE, DYCI2, Chanter	9	Grame, F McGill, CA CNMAT, USA BEK, N IEM, A ENSCI, F Orbe, F UserStudio, F, Navidis F Atelier des Feuillantines, F NoDesign F - Cycling '74, USA - Phonotonic, F Goldsmiths, UK Columbia University, USA KTH, S Univ. of East Anglia, UK NTNU (Artistic Research Programme), No Simon Fraser University, Canada Université Paris 8 HKU, NL CeReNeM, Huddersfield Univ., UK Arizona State University, USA Musikhochschule Detmold, ZEMFI, DE	M. Suarez Cifuentes, A. Einbond, Ch. Trapani, M. Kimura, F. Leibovici, E. Gibello, F. Blondy, M. Vitoria, A. Cera, Ch. Delécluse, A. Schubert, R. Cahen, S. Fleury, H. Leeuw, P-A Badaroux, N. Souchal, G. Payne, S. Mancuso,		
Chercheurs et ingénieurs non statutaires, invités	6	Conférences avec comité de sélection	10	Internationaux  Rapid-Mix, MusicBricks, Skat-VG	3				
Doctorants	4	Ouvrages et chapitres		Contrats industriels	1				
Stagiaires	1	Thèses de doctorat et HDR	2						

Responsable : Frédéric Bevilacqua

L'équipe Interaction Son musique mouvement (ISMM) mène des recherches et développements sur les systèmes interactifs sonores et musicaux, suivant ces trois axes :

- interaction entre mouvement et son : modélisation et expérimentation ;
- synthèse et traitement sonore interactif ;
- systèmes interactifs sonores basés sur le geste/mouvement.

L'année 2015 marque une étape importante avec la soutenance de deux thèses et la finalisation du projet ANR Legos que nous coordonnions, ainsi que le démarrage de deux nouveaux projets européens H2020.

Premièrement, les thèses de Jules Françoise et d'Éric Boyer, ainsi que le projet ANR Legos nous ont permis de confirmer la pertinence de notre axe de recherche sur la modélisation des relations entre mouvement et son et en particulier l'apprentissage sensori-moteur avec un retour sonore. Nous avons organisé un workshop international sur ce thème (Movement Sonification and Learning), qui a accru notre visibilité dans cette communauté émergente. Grâce au projet ISMES du Labex SMART, nous poursuivons activement ces recherches en nous rapprochant des applications liées à la rééducation. Dans le cadre du projet FET-OPEN Skat-VG, nous avons exploré qualitativement et quantitativement les relations entre mouvement et son, grâce à une

base de données importante d'imitations vocales et gestuelles. Ce travail très prometteur nous permet de renouveler nos méthodes d'analyses computationnelles et va se poursuivre en 2016.

Deuxièmement, les projets européens H2020 MusicBricks et Rapid-Mix de type Innovation Action for Creative Industries, nous permettent de valoriser nos méthodes, modèles et développements technologiques auprès de nouveaux utilisateurs et de créer de nouvelles applications avec des transferts industriels potentiels. Dans le projet MusicBricks, nous avons finalisé un capteur de mouvement sans fil spécifiquement adapté aux applications musicales (R-IoT) ainsi que de nouveaux outils d'analyse du mouvement. Une industrialisation est en phase de négociation. Dans le projet Rapid-Mix, nous poursuivons le développement de nos systèmes d'interactions sonores basées sur le geste, en consolidant nos diverses bibliothèques logicielles d'analyse de mouvement et synthèse concaténative/granulaires par descripteurs. En particulier, nous intégrons désormais les travaux de thèse de Jules Françoise sur les modèles probabilistes entre mouvement et son. Nous avons mis à disposition de la communauté la bibliothèque XMM (Library continuous motion recognition and mapping).

En parallèle, nous avons poursuivi avec le projet ANR CoSiMa notre nouvel axe de recherche sur l'interaction

collective et située. En forte synergie avec le projet ANR Wave qui s'est terminé en 2015, nous poursuivons les développements Web audio et en particulier notre nouvelle librairie Collective Soundworks, qui permet de concevoir rapidement des applications d'interactions collaboratives fondées sur des technologies web mobile. Nous avons participé à la création de la nouvelle conférence WAC – Web Audio Conference dont la première édition s'est tenue à l'Ircam en 2015 avec succès, confirmant notre leadership dans ce domaine. Avec le projet CoSiMa nous avons également établi de nouvelles collaborations artistiques, comme le projet ChloéIrcam qui a été produit pour la Fête de la musique et repris ensuite à la Gaîté lyrique avec un concert et une installation. Ce projet ouvre ainsi nos technologies vers de nouveaux publics.

En plus de ce projet, l'année 2015 a été riche en collaboration Arts-Sciences, avec les projets de production d'Alexandre Schubert, le spectacle de musique et jonglage d'Henry Fourès, la résidence d'Aaron Einbond, l'installation PingSong pour les portes ouvertes (avec Frédéric Voisin) mais également avec l'encadrement de la thèse du compositeur Marco Suarez Cifuentes (thèse SACRE avec PSL) et le démarrage de la thèse du pianiste et musicologue Pavlos Antoniadis en collaboration avec l'université de Strasbourg. Notons enfin, que la conférence Movement and Computing, que nous avons créée en 2014, s'est poursuivie avec succès en 2015 à Vancouver, et sera à Thessaloniki en 2016. Cela confirme qu'ici aussi, nous sommes parmi les leaders dans cette nouvelle communauté ralliant scientifiques et artistes autour du mouvement.

### ■ Interaction entre mouvement et son : modélisation et expérimentation

#### Apprentissage sensorimoteur dans les systèmes interactifs sonores basés sur le geste.

*Projet Legos, Programme : ANR Blanc, octobre 2011–mars 2015, coordinateur Ircam, collaboration : (CNRS UMR 8242) Paris Descartes*

*Thèse d'É. Boyer, encadrants : S. Hanneton, F. Bevilacqua, directeur P. Susini*

*Projet ISMES du Labex SMART, coordination : A. Roby-Brami, ISIR-UPMC; F. Bevilacqua, E. Boyer, J. Françoise*

Le projet ANR Legos que nous coordonnons sur l'apprentissage sensori-moteur dans les systèmes interactifs sonores s'est terminé en mars 2015. Afin de présenter nos résultats, nous avons organisé à l'Ircam un workshop international qui a réuni des experts sur le thème « Movement Sonification and Learning » (2-3 mars 2015).

En mai 2015, Éric Boyer a soutenu sa thèse, intitulée « Continuous Auditory Feedback for Sensorimotor Learning ». Ce travail a permis de formaliser plusieurs approches pour la sonification du mouvement et d'ouvrir des perspectives pour des applications dans la musique, la rééducation et

le sport. Globalement, cette thèse, et plus généralement le projet Legos, ont confirmé l'intérêt de cet axe de recherche relativement récent pour l'équipe ainsi que notre bon positionnement dans ce domaine émergent.

Depuis, nous poursuivons nos expériences sur la sonification de mouvement du bras dans le cadre du projet ISMES du Labex SMART, en collaboration avec l'ISIR (UPMC). Nous avons pu mettre en évidence que le retour sonore peut induire le contrôle des phénomènes d'adaptation du mouvement. Nous planifions de poursuivre ces travaux avec divers patients en collaboration avec l'hôpital universitaire Pitié-Salpêtrière.

#### Projet SeNSE - Labex SMART

*Thèse de K. Sanlaville co-encadrée avec C. Pelachaud (Télécom ParisTech) et Gérard Assayag (équipe Représentations musicales)*

Le projet SeNSE du Labex SMART porte sur le traitement du signal social afin de repousser certains verrous théoriques portant par exemple sur la gestion de la multimodalité ou l'étude de la temporalité intra- et inter-partenaires. Dans le cadre de ce projet, nous sommes responsables d'une tâche concernant l'adaptation temporelle de l'interaction. L'objectif de cette thèse est de développer un système adaptatif et anticipatif de la gestion collective de l'interaction en prenant en compte les différentes échelles temporelles de cette interaction.

Cette année, un effort particulier a été porté à la notion d'émergence de la synchronicité dans un modèle adaptatif d'interaction multi-agents, envisagée comme une forme privilégiée d'adaptation temporelle. Une approche théorique a été développée pour modéliser l'interaction entre plusieurs agents (virtuels ou réels) et en particulier le « turn-taking » en se basant sur des modèles d'influences (modèles probabilistes basés sur des modèles de Markov). Ce modèle sera testé sur diverses bases de données.

#### Projet SkAT-VG

*Projet SkAT-VG « Sketching Audio Technologies using Vocalizations and Gestures ». FET-OPEN FP7. Équipe PDS, A/S et ISMM (F. Bevilacqua, J. Françoise, G. Meseguer Brocal, N. Schnell). Stage Atiam : H. Scurto*

Dans le cadre du projet SkAT-VG, nous avons contribué à la création d'une base de données multimodales d'imitations vocales. Une quarantaine de participants ont été recrutés pour imiter vocalement des sons enregistrés et les décrire gestuellement (sons environnementaux, d'interaction, et sons de synthèse). Cette base de données a été annotée et segmentée et s'est révélée très riche pour la modélisation de gestes.

Premièrement, en collaboration avec l'équipe PDS, le stage d'Hugo Scurto a mis en évidence certaines invariances dans les stratégies gestuelles. De plus, il a permis d'explicitier des différences entre mouvements et vocalisations. Deuxièmement, la base de données nous a permis



de formaliser diverses qualités de mouvements pouvant être identifiés sur la base d'une analyse de mouvement en ondelettes (J. Françoise). Nous poursuivons cette approche par une analyse en NMF (Non-negative Matrix Factorization) des scalogrammes (G. Meseguer Brocal). Finalement, nous avons réalisé un premier prototype de design sonore basé sur la vocalisation et les gestes, et présenté lors du meeting ICT à Lisbonne.

### ■ Synthèse et traitement sonores interactifs

#### Interaction avec des contenus sonores enregistrés

*N. Schnell, R. Borghesi, D. Schwarz*

Nous développons depuis plusieurs années des paradigmes d'interaction avec des contenus sonores enregistrés. Du point de vue de la synthèse sonore, l'enjeu est de pouvoir transformer en temps réel, de manière interactive, des aspects spécifiques de la morphologie d'un son enregistré. Ces recherches s'appuient sur des techniques d'analyse automatique de contenus sonores enregistrés, des annotations manuelles, ainsi que sur un ensemble de méthodes de synthèse sonore. Ces travaux s'appuient sur des composants logiciels développés par l'équipe (bibliothèques IAE, MuBu/PiPo, ZsaZsa, GF et RTA). Les aspects d'édition et de visualisation graphique sont importants et font l'objet de développements et d'amélioration constantes (bibliothèque IMTReditor, objet Max imubu). Les modules d'analyse temps réel PiPo ont également été étendus. Ces briques technologiques ont été fortement utilisées dans un nombre important de nos projets, comme Skat-VG, EFFICAC(e), Physis, Rapid-Mix and MusicBricks, et de nombreuses améliorations ont donc été apportées en fonction des retours de ces projets.

Grâce à la résidence en recherche musicale de l'Ircam du compositeur Aaron Einbond en 2015, nous avons poursuivi les travaux sur la synthèse par corpus temps réel dans l'environnement MuBu/PiPo pour Max. La plupart des fonctionnalités manquantes de CataRT ont été implémentées dans MuBu. La résidence était également un lieu d'expérimentations autour du contrôle de la synthèse par corpus, soit par l'analyse d'un signal d'entrée live, soit par un oracle des facteurs (PyOrcale) similaires à OMax, tous intégrés dans des patches d'exemple de la distribution MuBu.

#### Projet ANR EFFICAC(e)

*Projet ANR EFFICAC(e) (Jeunes Chercheurs), coordonné par J. Bresson (RepMus). Participation de D. Schwarz*

Le but du projet est de développer un environnement de programmation visuelle hybride combinant CAC et processus interactif temps réel. En 2015, nous avons contribué à ce projet en poursuivant l'intégration des bibliothèques IAE et PiPo dans OpenMusic. Cela a impliqué la refonte de l'architecture interne de IAE et l'optimisation de l'API externe, et d'intégrer les modules PiPo dans OpenMusic. Cela permet d'accéder aux descripteurs sonores à partir de SDIF ou de les calculer avec PiPo.

#### Projet ANR Physis

*Programme : ANR ContInt, avril 2012–septembre 2015*

Physis est un projet de recherche industriel axé sur la synthèse audio interactive appliquée aux jeux vidéo. Le projet est centré sur la modélisation, la transformation et la synthèse des sons diégétiques pour les mondes virtuels interactifs (jeux vidéo, simulateur, serious game) et la réalité augmentée.

Au cours de l'année 2015, une nouvelle méthode de synthèse des textures sonores granulaires a été mise au point et évaluée : la modélisation des séquences temporelles par une approche de similarité du timbre d'ordre 1 (contrôle de transitions) [Schwarz & O'Leary 2015].

Puis un travail d'évaluation des quatre différents algorithmes de synthèse de textures sonores mis au point par les partenaires de Physis a été mené, en comparant le son original et celui obtenu par les algorithmes. Cela a nécessité la constitution d'une base de sons de test, la collection et l'égalisation des stimuli, ainsi que la définition et mise en place d'un test d'écoute en ligne. Une analyse statistique des résultats a été effectuée, en comparant la qualité sonore, la similarité avec l'original, en prenant en compte l'influence de la durée du test.

#### Projet Wave

*Programme : ANR ContInt, novembre 13–avril 15; coordinateur : Ircam-APM, participants : B. Matuszewski, V. Saiz, K. Barkati, N. Schnell, collaboration : équipe Analyse des pratiques musicales*

L'équipe ISMM développe en étroite collaboration avec l'équipe APM des fonctionnalités de synthèse sonore interactive sur la plateforme HTML5/JavaScript. Nous utilisons notamment la Web Audio API qui est en cours de standardisation.

Nous avons également participé à l'organisation de la nouvelle conférence WAC – Web Audio Conférence qui s'est tenue au mois de janvier 2015 (la deuxième édition se tiendra en avril 2016 à Atlanta).

En 2015, l'implémentation de composants s'est poursuivie, permettant l'analyse et synthèse audio en temps réel, le traitement de flux de contrôle temps réel et temps différé, la gestion de données temporelles en mémoire et la visualisation et manipulation graphique de données temporelles. En particulier, des outils d'analyse fondée sur une formalisation de flux temporels (LFOP pour « Low Frequency Operators » similaire à la formalisation de PiPo) ont été réalisés.

### ■ Systèmes interactifs basés sur le geste/mouvement

#### Projet CoSiMa

*Programme : ANR ContInt, novembre 2013–avril 2017, coordinateur Ircam, participants : N. Schnell, S. Robaszkiewicz, D. Schwarz, F. Bevilacqua*

Le projet CoSiMa porte sur la création de nouvelles applications mobiles et d'outils de création collaboratifs. CoSiMa

viser la mise en œuvre d'une plateforme pour l'édition et la diffusion de médias situés dans l'espace, le temps, et combinant plusieurs modalités sensorielles. Les applications de la plateforme CoSiMa incluent des projets artistiques, des services publics innovants, l'événementiel et la communication. La mise en œuvre d'un tel environnement d'expression multimodale dans l'espace tangible nécessite un dispositif comprenant différents composants : des applications clientes installées sur des terminaux mobiles connectés au réseau, un web-service proposant une API ouverte, un serveur de bases de données ainsi qu'une interface d'administration des contenus. L'élaboration de la plateforme nécessite également un travail sur les usages et de validation.

En 2015, une première version du framework Collecitve Soundworks a été finalisée et validée dans le développement de plusieurs projets d'interaction, notamment une série de concerts (*Chloé xIrcam*) et une installation sonore (*Terminal*) en collaboration avec l'artiste Chloé.

#### Projet H2020 MusicBricks – Musical Building Blocks for Digital Makers and Content Creators

*Programme : H2020 – Innovation Actions, collaboration : Stomatolite, SigmaOrionis, UPF, TU-Wien, Fraunhofer, participants : F. Bevilacqua, R. Borghesi, G. Dubus, E. Fléty, J. Larralde, N. Schnell*

Le projet MusicBricks se propose de développer une méthodologie et un écosystème pour favoriser le transfert des technologies liés à la musique et le son vers des PME liées à la création. Il comprend aussi la responsabilité d'un workpackage dont le but est de développer des interfaces tangibles pour la musique et des logiciels d'analyse du mouvement.

Après avoir formulé des spécifications pour les interfaces tangibles, nous avons développé (en synergie avec le projet ANR CoSiMa) un nouveau module de captation de mouvement sans fil. Afin d'obtenir un retour rapide d'expérience et des propositions d'amélioration, les modules, désormais baptisés R-IoT, ont été mis en test durant les hackathons du projet européen MusicBricks (MusicTechFest en Suède et en Slovaquie, Music Hack Days en Espagne). Les modules R-IoT ont fait l'objet d'une demande importante et ont été utilisés par de nombreux projets d'incubations du projet MusicBricks. Une duplication extérieure du module a permis de valider qu'un transfert technologique vers une PME est techniquement faisable et fait actuellement l'objet d'une négociation avec un industriel.

En parallèle au développement du R-IoT, une bibliothèque d'analyse de mouvement a été finalisée afin de faciliter la réalisation d'applications utilisant les R-IoT. Cette bibliothèque est disponible sous la forme de codes embarqués dans le module ou dans l'environnement Max. De plus, nous avons réalisé plusieurs nouveaux objets Max permettant de visualiser, filtrer et décomposer les signaux gestuels (cf section logiciels Gesture & Sound).

#### Projet H2020 Rapid-Mix

*Programme : H2020 – Innovation Actions, collaborations : Goldsmiths University, UPF, AudioGaming, Roli, Plux, React-Table Systems, Orbe, participants : F. Bevilacqua, J. Larralde, R. Borghesi, G. Dubus, E. Fléty, J. Larralde, N. Schnell, D. Schwarz*

Le projet Rapid-Mix concerne le développement de nouvelles interfaces multimodales et modèles d'interactions. En 2015, nous avons poursuivi le développement d'une première série de prototypes. En particulier nous avons réalisé un prototype appelé FreeMix qui permet d'utiliser la base de sons en ligne Freesound.org avec nos outils d'interactions gestuelles et de synthèse granulaire/concaténative. Nous avons également initié un travail avec les partenaires du projet pour réaliser une API pour le champ de Interactive Machine Learning.

#### Développement de systèmes de captation de geste

*Participant : E. Fléty*

Cet axe de recherche et développement comprend à la fois la réalisation de systèmes génériques pour la captation de gestes et des réalisations spécifiques liées à des projets artistiques, en particulier pour l'interaction scénique.

Les modules de captation de mouvement sans fil sont en constante évolution avec l'apparition de nouvelles technologies et normes. Suite au succès des modules WIMO seconde génération, nous avons poursuivi notre démarche de miniaturisation et d'autonomie en utilisant un processeur peu énergivore combinant code utilisateur et gestion du WIFI sur une même puce.

La sélection du processeur a été également orientée par une envie forte de pouvoir permettre à l'utilisateur de programmer le module en faisant des ajustements du micrologiciel, ou en personnalisant totalement ses fonctionnalités, et ce sans matériel spécifique. Pour cela, nous avons choisi un processeur Texas Instrument qui peut se programmer avec l'environnement ENERGIA, une version similaire à l'IDE Arduino. La compatibilité avec le « style Arduino » (très largement répandu) permet à un maximum d'utilisateurs d'intégrer facilement du code dans le module, sur base de modèles mis à disposition sur la Forge Ircam ainsi que sur un GitHub.

Les modèles de code mis à disposition comportent le firmware complet (acquisition de données, envoi via OSC/UDP, serveur Web de configuration) ainsi que des « briques » algorithmiques d'analyse gestuelles issues du projet MusicBricks pouvant réaliser l'analyse du geste en local sur le module lui-même en garantissant une qualité de l'échantillonnage et en limitant la consommation de bande passante wifi.

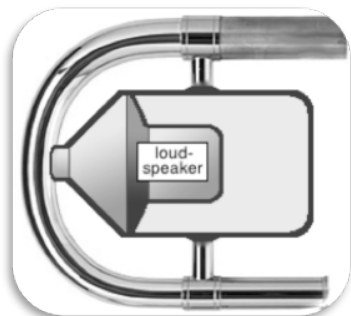
Après un cycle d'améliorations (compatibilité USB PC/Mac, micrologiciel, traitement des données, connexion wifi), le module a été dupliqué en 100 exemplaires destinés à être disséminés parmi les différents partenaires du projet MusicBricks, Rapid-Mix, CoSiMa ainsi que dans les équipes de recherche et de production de l'Ircam.

## ATELIER MÉCANIQUE

Responsable : Adrien Mamou-Mani

Chef d'atelier : Alain Terrier

Équipe transversale participant à la conception et la réalisation de prototypes pour des projets de recherche.



### ■ Projet Acoustic Aggregate Synthesis du compositeur Paul Clift (équipe Acoustique instrumentale)

L'atelier mécanique a conçu un dispositif permettant d'expérimenter une solution pour réaliser un trombone augmenté acoustiquement, se traduisant par l'implantation d'un haut-parleur dans la coulisse du trombone.

### ■ Thèse de Nicolas Lopes

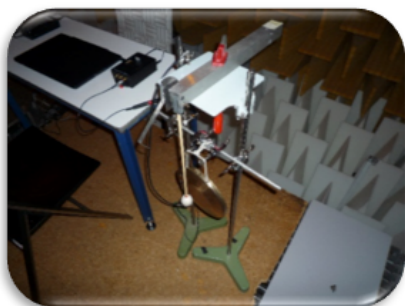
#### Bouche artificielle (équipe-projet S3)

Les réalisations apportées par l'atelier mécanique sur la bouche artificielle ont porté d'une part sur l'implantation d'un capteur optique sur l'une des lèvres du mécanisme afin de mesurer le déplacement de celles-ci en temps réel, et d'une autre part sur la modification du circuit d'alimentation du système avec l'implantation d'un capteur de pression afin de pouvoir intervenir sur des données telles que la pression ou le débit.

### ■ Thèse de Marguerite Jossic

#### Contrôle non linéaire d'instruments à percussion (équipe Acoustique instrumentale)

L'atelier mécanique a permis la réalisation d'un dispositif expérimental permettant une frappe reproductible du gong afin de faciliter la récupération des données issue des contrôles effectués sur les percussions.



### ■ Projet Cagima (équipe Acoustique instrumentale)

L'atelier mécanique est intervenu sur ce projet avec la réalisation de deux becs instrumentés équipés de capteur optique afin de permettre la récupération des données issue de la clarinette.

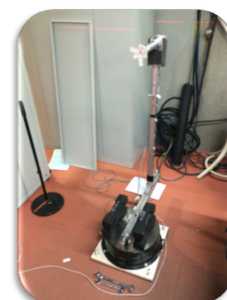
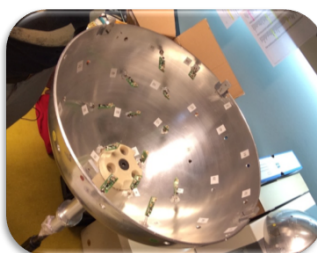


### ■ Projet 3D Room impulse Response Renderer (3DR3) (équipe Espaces acoustiques et cognitifs)

Ce projet a pour objectif le développement d'un environnement générique de mixage multicanal 3D afin d'étudier les propriétés spatiales d'un champ sonore.

Afin de pouvoir expérimenter ce nouvel environnement créé par les équipes de l'Ircam, il a fallu concevoir un microphone sphérique composé de 64 cellules permettant l'étude spatiale du champ sonore.

La détermination des positions des 64 cellules a été obtenue grâce à un maillage 3D réalisé par l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs et a pu être reportée sur la sphère grâce à un robot équipé d'un pointeur laser.



### ■ Projet CoreVoice (équipe-projet S3)

Le Projet CoreVoice est en constante liaison avec la notion de prototypage et de réalisation de maquette. L'avancement du projet CoreVoice en 2015 a permis la mise en place d'une étape fondamentale pour ce projet innovant : la prise d'empreinte sur modèle humain.

Avec la collaboration d'Aude Lagier et de l'hôpital de La Timone à Marseille, l'atelier mécanique a réalisé des prises d'empreintes et des modèles en résine polyuréthane échelle 1. Ces modèles étant très importants pour la

contrainte de morpho-réalisme du projet, la précision a été le facteur le plus important lors des manipulations.

Une fois les empreintes et les moulages terminés, la réalisation de la maquette du larynx a été la problématique principale pour l'atelier mécanique. La réalisation du modèle avec des mouvements morpho-mécanique est prévue pour l'année 2016.



#### ■ **Projet SmartInstruments** (équipe Acoustique instrumentale)

Le projet SmartInstruments mettant en jeu des instruments de musique, il nécessite une attention mécanique particulière. L'atelier mécanique a donc suivi l'équipe de chercheurs tout au long des étapes expérimentales.

La première étape de réalisation des expériences fut l'installation des dispositifs de capteurs et actionneurs dans les instruments. Avec l'aide d'un luthier (Ralph Dumonteil), l'atelier mécanique a pu installer tous les mécanismes et ainsi permettre la réalisation des instruments actifs.

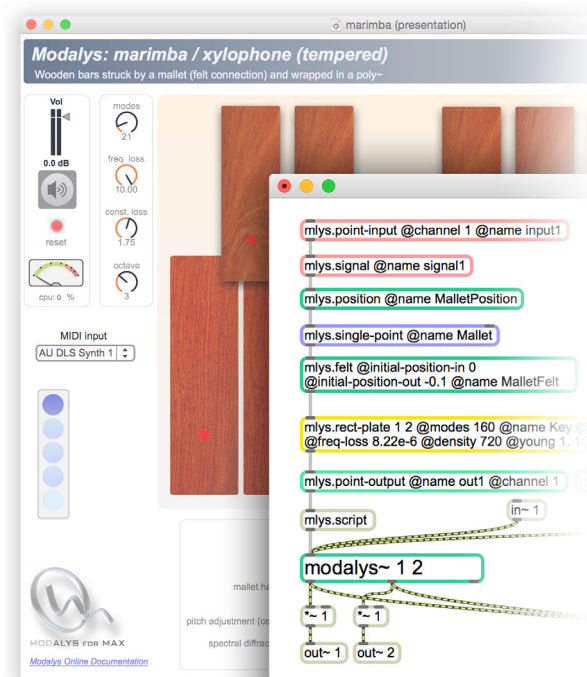
La seconde étape fut la caractérisation du système permettant le fonctionnement des instruments actifs. Ce système électronique nommé le COALA a été étudié afin de pouvoir le caractériser et permettre une utilisation régulière.

Le carter COALA a d'abord été réalisé en modélisation 3D suivant une démarche industrielle puis fabriqué dans l'atelier Ircam.



# LES PRINCIPAUX LOGICIELS

## MODALYS



### ■ Descriptif

Basé sur des modèles physiques décrits par la théorie « modale », Modalys est un environnement logiciel permettant de créer des instruments virtuels et de les jouer, notamment en temps réel. Pour cela, l'utilisateur dispose d'objets de base tels que cordes, membranes, plaques, tuyaux, chevalet, etc. entre lesquels il établit des connexions correspondant à une riche palette d'interactions : frapper, pincer, frotter, souffler, etc. Le logiciel intègre également la possibilité de modéliser des objets tridimensionnels quelconques, structures ou fluides, en utilisant les techniques numériques d'éléments finis. Avec toutes ces possibilités, le logiciel peut donner lieu à la réalisation de copies virtuelles d'instruments réels tels que clarinette, basson, hautbois, trompette, flûte, etc., mais aussi à celle d'instruments totalement nouveaux, utopistes et inouïs.

### ■ Développements réalisés

#### Éléments finis (3D)

Une « chaîne de fabrication » d'instruments virtuels de type cuivre naturel a été élaborée, en utilisant les environnements Matlab et Max MSP dans lesquels Modalys s'interface :

- profil de perce provenant des mesures géométriques ;
- modélisation de l'intérieur du tube à partir d'un profil donné, avec précision accrue au voisinage du pavillon et de l'embouchure ;
- réduction du modèle par moyennage sur les points de chaque section ;
- ouverture du pavillon par imposition d'une pression nulle ;
- détermination des fréquences de résonance par transformée de Fourier ;
- instanciation de modèle final dans Max MSP à partir des paramètres précédents ;
- représentation des partiels, et jeu à partir d'un clavier MIDI par contrôle simple de la pression et de la fréquence des lèvres.

Il est prévu de généraliser ce processus pour une livraison publique de Modalys (2016) avec le but d'étoffer la Modalys for Max Instruments Series commencée en 2014 avec les percussions.

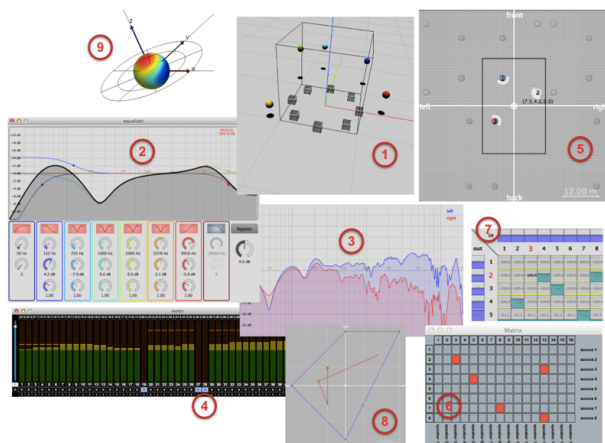
#### Environnement Matlab

Modalys for Matlab a été mis à jour. À présent, toutes les commandes se présentent sous un « espace de nom » convivial : `modalys.make_object(...)`, `modalys.run()` etc. De nombreux bugs ont été corrigés dans l'environnement Matlab.

## SPAT~

## ■ 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 post-production ou encore la réalité virtuelle. Son originalité réside dans son mode de contrôle de l'effet de salle à l'aide de facteurs perceptifs permettant une écriture intuitive des caractéristiques de spatialisation, et ce de façon indépendante du dispositif de restitution.



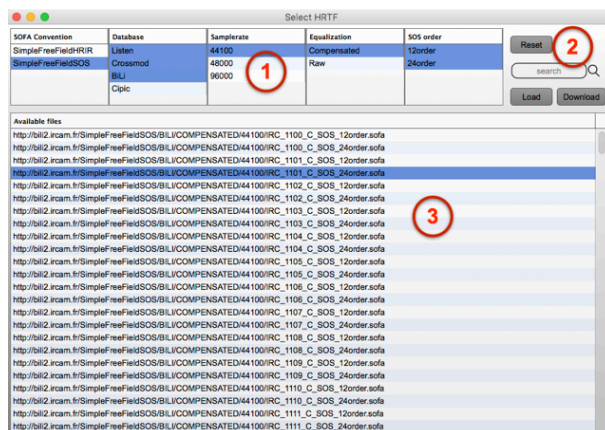
Différentes interfaces graphiques du Spatialisateur :

1) interface Jitter pour le spat.viewer; 2) égaliseur paramétrique; 3) visualisation de HRTFs (réponses en magnitude/phase); 4) vu-mètres multicanaux; 5) modèle géométrique de sources images; 6) matricage binaire; 7) outil de matricage; 8) édition de trajectoires spatiales; 9) visualisation 3D de champs sonores.

La bibliothèque Spat est compatible avec les dernières versions de Max<sup>®</sup>. Elle est disponible sous deux versions, l'une utilisant une chaîne DSP 32 bits, l'autre permettant d'exploiter une chaîne DSP 64 bits et uniquement compatible avec Max 6.1 et Max 7.

## ■ Principales évolutions

- maintenance globale de la bibliothèque. MacOSX 10.7 (ou supérieur) est désormais requise (pour compatibilité avec le langage C++11 utilisé dans la librairie);
- une version Windows 64 bit a été développée, avec support des instructions SIMD (calcul vectorisé);
- la convention SimpleFreeFieldSOS du conteneur SOFA/AES-69 est désormais supportée. Cette convention permet de stocker des jeux de HRTFs représentés sous forme de filtres biquadratiques en cascade. La convention SimpleFreeFieldSOS est intégrée dans tous les objets concernés (spat.pan~, spat.hrtf.infos, etc.). Le format historique « coll » est désormais abandonné;
- ajout d'une interface de recherche/sélection des filtres HRTF à partir du serveur de données OpenDAP (voir figure);
- ajout de l'utilitaire spat.iformat~ qui permet d'encoder un flux au format A vers le format B (Ambisonic).

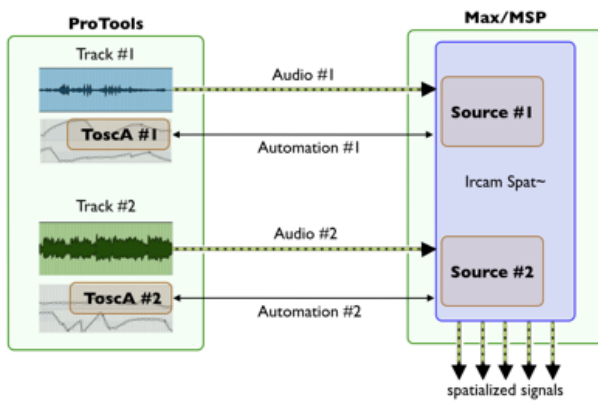


Fenêtre de chargement des filtres binauraux. Une base de données de filtres HRTFs est disponible au format SOFA/AES-69 et accessible via le protocole OpenDAP. L'interface ci-dessus permet une recherche rapide dans la base de données. 1) critères de sélection; 2) zone de recherche rapide; 3) fichiers disponibles et correspondants aux critères de recherche.

## TOSCA

### ■ Descriptif

Tosca est un logiciel insérable permettant de communiquer, en lecture comme en écriture, l'automatisation des paramètres d'une station de travail audio numérique vers d'autres applications, via le protocole OSC (Open Sound Control). Tosca vise à établir une passerelle entre les stations de travail audio numériques (Digital Audio Workstations) et les environnements temps réel tels que Max @. Son application typique concerne la réalisation de mixages spatialisés orientés objet, indépendamment des contraintes des logiciels hôtes.



À gauche : principe de fonctionnement du plugin Tosca. À droite : vue du plugin Tosca dans l'environnement ProTools : 1) plugin en insert sur la piste ; 2) liste des paramètres exposés ; 3) fenêtre du plugin ; 4) pistes d'automatisation.

### ■ Principales évolutions

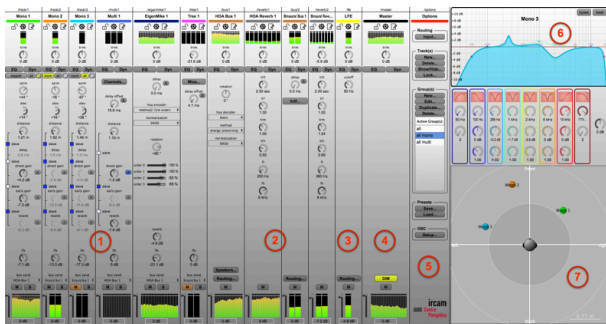
- maintenance globale de l'outil. MacOSX 10.7 (ou supérieur) est désormais requis (pour compatibilité avec le langage C++11 utilisé dans la librairie);
- une version VST Windows (compatible avec les architectures 32 et 64 bit) a été développée.



## PANORAMIX

### ■ Descriptif

Panoramix est une station de travail pour la post-production de contenus audio 3D. L'outil propose un environnement cohérent permettant de mixer, réverbérer et spatialiser des matériaux sonores provenant de divers dispositifs microphoniques : arbre principal, appoints, captation Ambisonic aux ordres supérieurs. Plusieurs techniques de spatialisation 3D (VBAP, HOA, binaural) peuvent être combinées, et les mixages peuvent être rendus simultanément dans différents formats. Le logiciel présente également les caractéristiques des mixeurs traditionnels (modules d'égalisation et compression dynamique, gestion groupée de paramètres, routage des signaux d'entrée/sortie, etc.), et il est entièrement contrôlable via le protocole Open Sound Control.



Fenêtre principale de la station panoramix. 1) Tranches d'entrée ; 2) Bus de panning et réverbération ; 3) Bus LFE ; 4) Tranche Master ; 5) Options de session (gestion des groupes, import/export de presets, etc.) ; 6) Module(s) d'insert (égaliseur, compresseur, etc.) ; 7) Interface géométrique de positionnement.

À l'instar d'une console traditionnelle, panoramix se présente sous forme de tranches dont la figure ci-dessus donne une vue d'ensemble. Les tranches sont classées en deux catégories principales : tranches d'entrée (ou « tracks ») et bus.

Les tranches d'entrée correspondent aux signaux sources issus de la prise de son. Plusieurs formats de tranches d'entrée sont supportés : « Mono » (typiquement un appoint microphonique ou une piste d'électronique devant être spatialisée), « Multi » (une tranche « Multi » est essentiellement une collection de plusieurs tranches mono), « EigenMike » (employée pour traiter un enregistrement provenant d'un microphone sphérique de type EigenMike), ou « Tree » (sert à traiter un arbre microphonique principal).

Trois types de bus sont présents : des bus de panning, des bus de réverbération et un bus « LFE » (« low frequency enhancement »).

Les bus de panning jouent plusieurs rôles : 1) ils servent de point de sommation des signaux provenant des tranches d'entrée (i.e. plusieurs tranches d'entrée peuvent être envoyées dans un même bus) ; 2) ils régissent la technique

de spatialisation à mettre en œuvre. Trois algorithmes sont actuellement disponibles : VBAP, HOA et binaural ; 3) c'est dans le bus de panning que l'utilisateur peut régler divers paramètres relatifs à l'encodage/décodage des signaux : pour la spatialisation sur haut-parleurs (VBAP ou HOA), il est possible d'y configurer le dispositif de restitution ; dans le cas de la spatialisation binaurale, un menu permet de sélectionner le jeu de filtres à utiliser pour le rendu. Enfin, les bus de panning HOA font également fonction de décodeur Ambisonic, et différents paramètres de décodage peuvent y être ajustés.

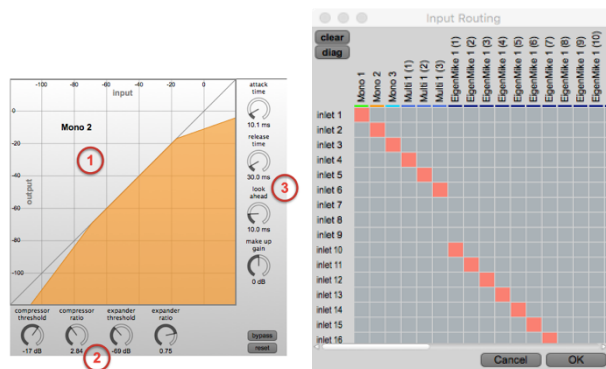
Les bus de réverbération génèrent et contrôlent les sections tardives/diffuses du réverbérateur artificiel. Dans la version actuelle, un réseau de retards rebouclés est employé.

Enfin, la tranche « Master » permet de collecter les signaux de sortie de tous les bus et de les adresser aux sorties physiques de panoramix. Bien que la session ne comporte qu'une unique tranche Master, il est possible de produire simultanément des mixages dans plusieurs formats.

Toutes les tranches disposent de fonctionnalités de base (module de compression dynamique, d'égalisation multicanale, réglage mute/solo, vu-mètre d'entrée/sortie, etc.) et d'attributs spécifiques. Il est par ailleurs possible de grouper des tranches pour les piloter conjointement.

Plusieurs interfaces permettent de gérer le routage des signaux des tranches et bus (voir figure ci-dessous).

Enfin, tous les paramètres de l'application panoramix peuvent être pilotés (en lecture et en écriture) via le protocole Open Sound Control (OSC), et les sessions de travail peuvent être exportées/importées dans divers formats.



À gauche : Module de compresseur / expandeur : 1) courbe de compression dynamique ; 2) réglages des seuils et rations ; 3) caractéristiques temporelles et gain global. À droite : Fenêtre de routage d'entrée. Les entrées physiques (lignes de la matrice) peuvent être affectées vers les différentes tranches sources de la session (colonnes).



## 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 la dilatation/compression temporelle, la transposition avec et sans préservation du timbre, le filtrage, la synthèse croisée, la séparation et le remixage des composantes transitoires, bruitées et sinusoïdales, des 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

- support des fichiers FLAC, OGG-VORBIS;
- correction des problèmes de traitement source-filtre et de synthèse croisée (en cours);
- amélioration des analyses des paramètres de l'impulsion glottique;
- maintenance globale.

## VOICEFORGER



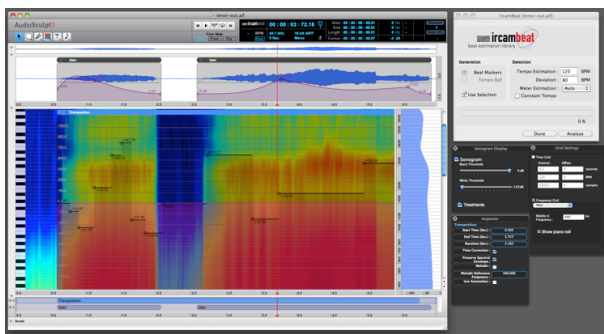
### ■ Descriptif

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 en utilisant directement l'interface C++ de SuperVP. Grâce à l'avancée récente de la modularité de la bibliothèque SuperVP, VoiceForger est efficace et permet des transformations en temps réel même pour plusieurs analyses (F0, Voiced/Unvoiced, VUF) secondaires. 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 produit insérable TRaX-Transformer (voir figure) qui a été développé en collaboration avec la société FLUX.

### ■ Principales fonctions réalisées

- maintenance globale.

## AUDIOSCULPT



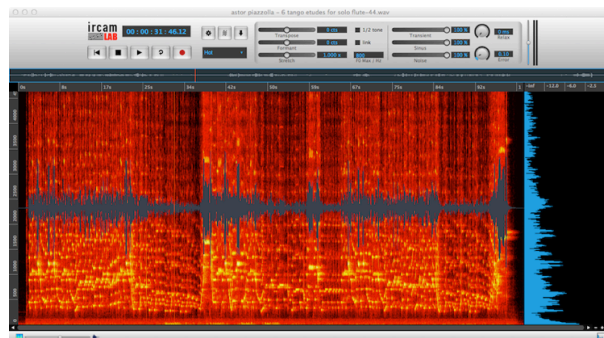
### ■ Descriptif

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

- support des fichiers FLAC, OGG-VORBIS;
- conception et début d'implémentation d'une nouvelle architecture modulaire et multi-plateforme, dans le cadre de l'UPI AS4;
- maintenance globale.

## IRCAMLAB TS



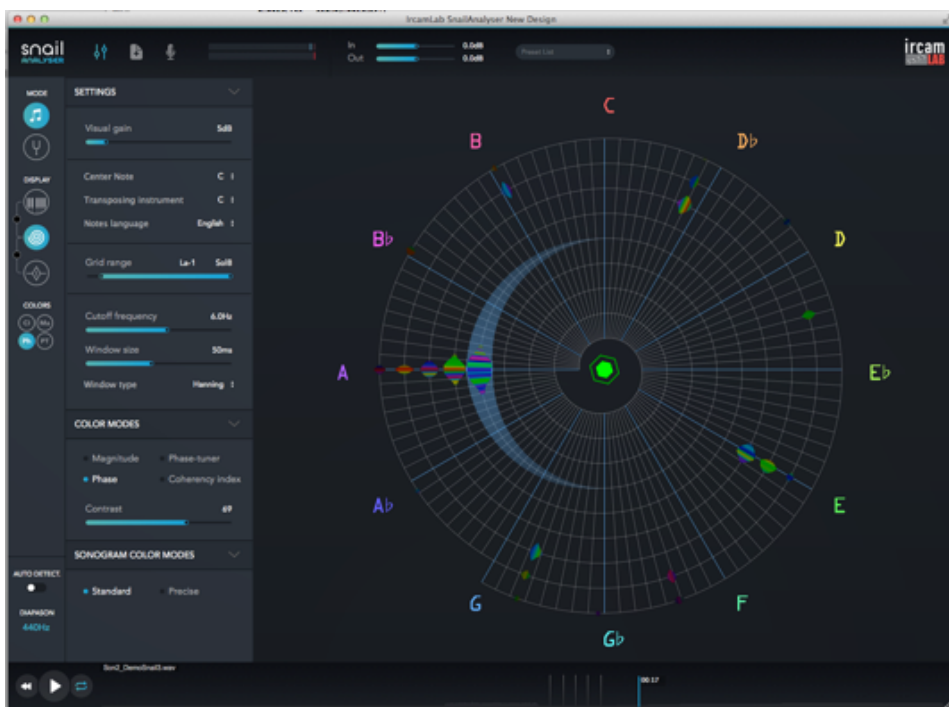
### ■ Descriptif

IrcamLab TS est un logiciel issu d'AudioSculpt qui propose un ensemble d'analyses ainsi que de traitements de fonctionnalités limitées et simples d'utilisation mais de haute qualité. Ce logiciel est le premier item d'une nouvelle collection de logiciels IrcamLab, axée principalement sur certaines fonctionnalités temps réel de SuperVP telles que la transposition, la dilatation et le remix des transitoires, des signaux stationnaires et des parties résiduels. La représentation graphique offre plusieurs représentations graphiques du son – forme d'onde, spectre et spectrogramme. Le mode d'utilisation de l'application a été pensé pour être beaucoup plus facile à prendre en main qu'AudioSculpt, bien que ses capacités soient moindres. Il est aussi développé sous d'autres plateformes.

### ■ Principales fonctions réalisées

- finalisation de la version Windows pour la distribution commerciale (dontCrack / Plugivory);
- maintenance globale.

## SNAILANALYZER



### ■ Descriptif

Le SnailAnalyzer est un outil d'analyse didactique de visualisation de sons musicaux en temps réel. Il donne à voir la représentation d'une analyse spectrale en spirale qui respecte l'alignement des notes. Une note correspond à un angle, une octave à un tour. Cet outil est destiné aussi bien aux enfants qu'aux scientifiques, ingénieurs du son, chanteurs, pour visualiser et analyser les sons et les notes et qu'aux instrumentistes souhaitant s'accorder avec une grande précision.

### ■ Principales fonctions réalisées

- portage du prototype vers une nouvelle librairie graphique (JUICE);
- développement d'une nouvelle interface utilisateur et révision de l'ergonomie;
- finalisation de la version commerciale pour MacOSX en Standalone et Plugins (AU, VST, AAX), (Distribution: Don'tCrack / Plugivery).

## IRCAMALIGN

### ■ Descriptif

Le programme IrcamAlign effectue l'alignement et donc la segmentation de signaux de parole en phonèmes et diphtongues, et calcule une mesure de confiance par phonème. Il extrait aussi la structure phonologique (syllabes, mots et groupes de souffle) à partir de la séquence de phonèmes alignés.

- entrée : fichier audio de parole et facultativement, fichier du texte prononcé ;
- sortie : fichiers de type .lab des divers niveaux de segmentation visualisables dans les logiciels AudioSculpt ou WaveSurfer (voir figure).

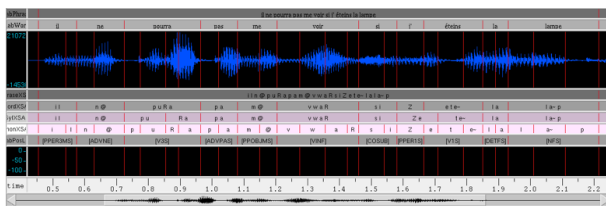
IrcamAlign utilise des modèles appris sur des enregistrements. Les modèles existent pour le français et l'anglais, hommes et femmes. Il peut être utilisé pour la voix chantée mais cela nécessite l'apprentissage de modèles spécifiques. Il est utilisé en particulier pour la création de corpus de voix (par exemple pour la synthèse de la parole à partir du texte) et pour des travaux avec des compositeurs.

Plateforme : Linux, utilise la bibliothèque HTK et le logiciel LiaPhon.

Ce logiciel bénéficie maintenant d'une distribution interne à l'Ircam uniquement.

### ■ Principales fonctions réalisées

- support d'une liste de fichiers à traiter en entrée, écrite au format texte ;
- maintenance globale.



Affichage de la segmentation en phonème dans le logiciel Wavesurfer

## MODULES D'INDEXATION AUTOMATIQUE

Ircambeat, Ircamchord, Ircamkeymode, Ircamdescriptor, Ircamclassifier, Ircamsummary,

### ■ 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 plateformes 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 premier temps.

#### 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,...) et de leur modélisation temporelle. Nouveautés : ajout de spectral peak/valley/contrast dans ircamdescriptor

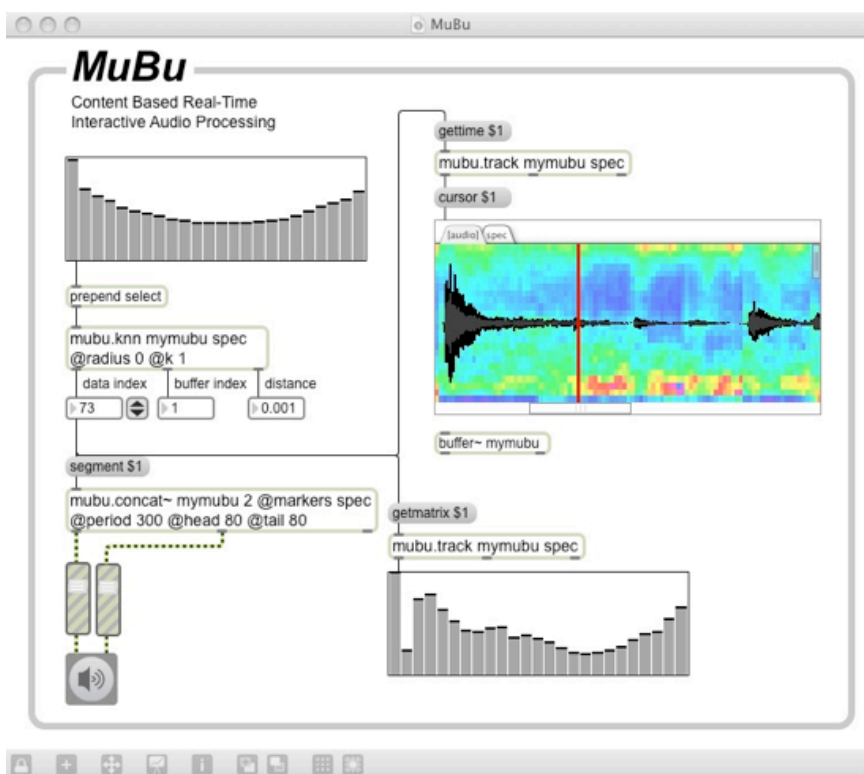
#### Ircamclassifier

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 états et par séquences).

## MUBU POUR MAX



### ■ Descriptif

MuBu (pour « Multi-Buffer ») est un ensemble de modules de représentation et de traitement du signal pour Max qui se base sur un « container » de données temporelles. Le container de MuBu est optimisé pour la représentation en mémoire de données temporelles, intégrant 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 intégrées.

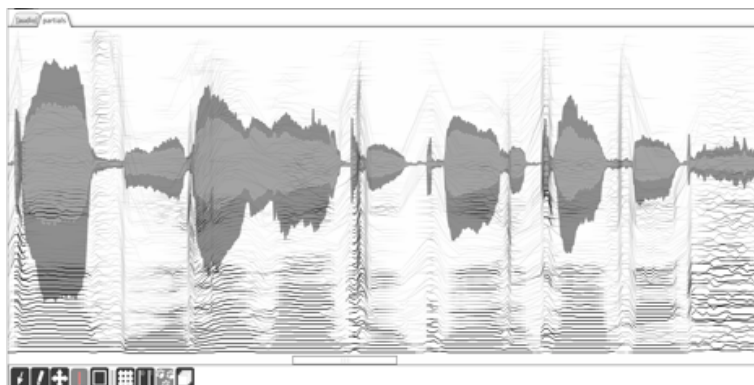
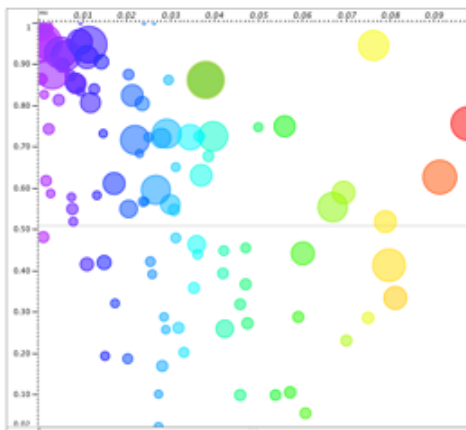
MuBu inclut aussi une API pour l'extraction d'information à partir des sons et des flux de données issues de la captation du mouvement, PiPo (Plugin Interface for Stream Processing Objects), ainsi qu'un ensemble de modules C++ qui implémentent des extracteurs des descripteurs audio et des filtres utilisant cet API.

Le développement des modules MuBu et PiPo repose sur l'expérience acquise lors des développements de la bibliothèque FTM & Co ainsi que sur des développements de composants logiciels dans le cadre des projets de recherche (bibliothèques MuBu, ZsaZsa et RTA). Il intègre également les objets de reconnaissance et de suivi *gf* (cf. section suivante) et *xmm*.

### ■ Principales fonctions réalisées

- mise à jour pour Max 7.1, OSX et Windows 32/64-bit ;
- finalisation de « CataRT by Mubu » ; série d'exemples, dont Cataoracle, synthèse par corpus utilisant MuBu/PiPo en interaction avec un oracle de facteurs, développé avec la contribution d'Aaron Einbond ;
- copy and paste à partir d'une view audiobuffer dans imubu ;
- exemples d'utilisation et premiers tutoriaux ;
- complétion et amélioration de la documentation des modules de traitement de flux PiPo (segmentation, filtrage, extraction de descripteurs) ;
- nouveaux modules PiPo :
  - *pipo.const*, fourni une valeur constante ;
  - *pipo.gate*, segmentation par silence et modélisation temporelle ;
  - *pipo.wavelet*, analyse par Continuous Wavelet Transform ;
  - *pipo.basic*, calcul des descripteurs audio basics :  $f_0$ , périodicité, loudness, spectral moments ;
  - *pipo.finitedif*, filtrage par différences finies ;
  - *pipo.biquad*, filtrage biquad ;
  - *pipo.lpc* : analyse LPC ;
  - *pipo.select* : sélection d'un sous-ensemble de lignes ou colonnes dans un flux entrant.
- publication du SDK externe pour le développement de modules PiPo ;
- optimisation des interfaces et ajout de plusieurs attributs graphiques.

## IMTREDITOR



### ■ Descriptif

ImtrEditor est un ensemble de modules d'affichage et d'édition de données alignées temporellement et complètement configurables. ImtrEditor est écrit en C++ et basé sur le Framework Juce. Actuellement il est utilisé pour l'affichage des structures de données FTM (ftm.editor) et MuBu (imubu). Il est également utilisé par le suivi de geste (externe gf), par les objets VoiceFollower et MotionFollower et par les nouveaux objets de Gesture&Sounds, dont Filtering, FftSpectrum, VecDisplay and WaveletSpectrum.

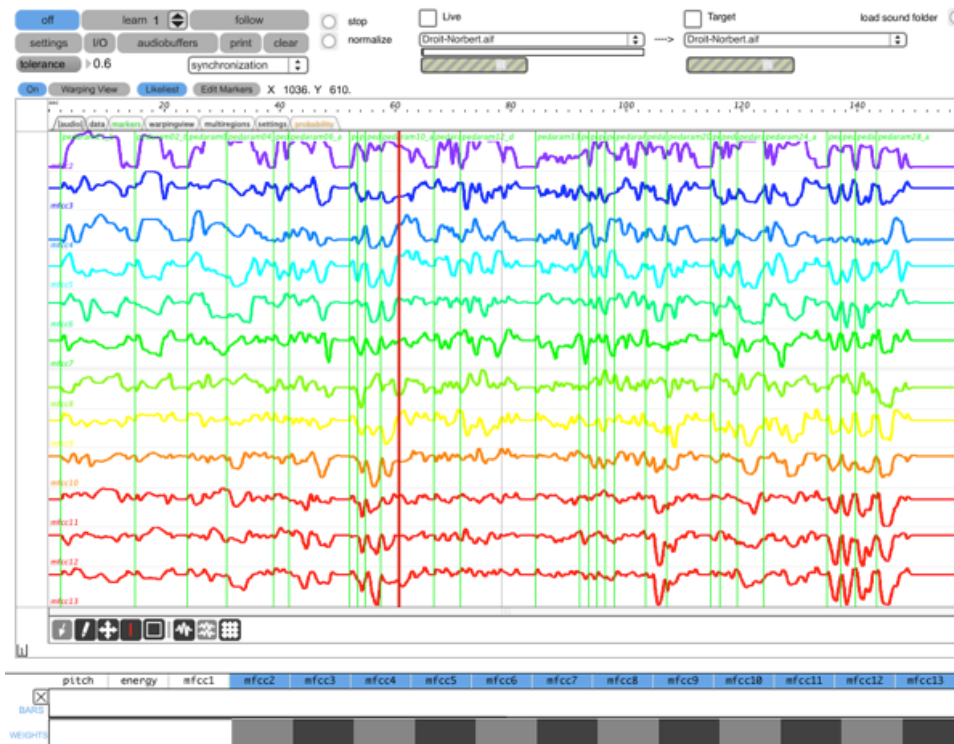
### ■ Développements principaux

Les principaux efforts de développement ont été dirigés vers l'amélioration de la stabilité et de la performance, l'amélioration de l'ergonomie, et l'intégration de nouvelles fonctionnalités liées surtout aux besoins des nouveaux objets graphiques de Gesture&Sound, CataRT pour MuBu, et des autres projets de l'équipe.

Parmi de nombreuses améliorations, notons :

- introduction du Copy and Paste entre les views audio-buffers et les autres ;
- finalisation de la view Scatterplot pour répondre aux besoins du développement de l'exemple Cataoracle ;
- nouveaux layout pour mélanger views verticales et horizontales ;
- ajout d'une scrollbar à sélection de région, utilisée dans plusieurs des nouveaux objets Gesture & Sound.

## 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» pré-enregistrées. Deux types d'information en sortie sont continuellement mises 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.

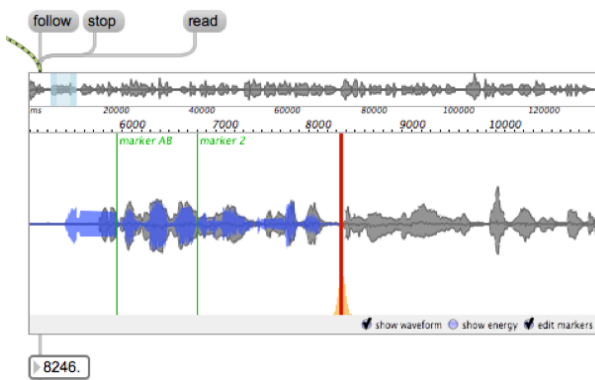
## GESTURE & SOUND

### ■ Descriptif

Gesture & Sound est un ensemble d'objets Max dédiés à l'interaction gestuelle et sonore. Suite aux applications VoiceFollower and MotionFollower, nous avons introduit quatre nouveaux objets : filtering, vecDisplay, fftspectrum, waveletspectrum et. Ces nouveaux objets graphiques dédiés à l'affichage et au filtrage de données gestuelles ont été développés dans le cadre du projet MusicBricks.

#### VoiceFollower et MotionFollower :

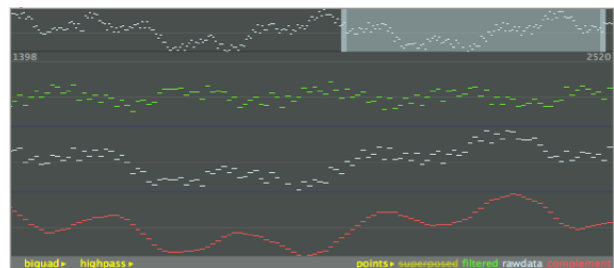
Les objets VoiceFollower et MotionFollower indiquent en temps réel la progression dans le temps d'une interprétation, en comparaison avec un enregistrement. Le VoiceFollower est optimisé pour des enregistrements audio de la voix et permet par exemple de synchroniser divers processus sonores ou visuels avec un texte préenregistré. Il a été expérimenté avec succès pour le théâtre avec de la voix parlée ou des performances avec de la voix chantée. Le MotionFollower travaille sur des enregistrements de données de captation du mouvement et peut par exemple synchroniser des mouvements de musiciens ou de danseurs à des rendus sonores et visuels.



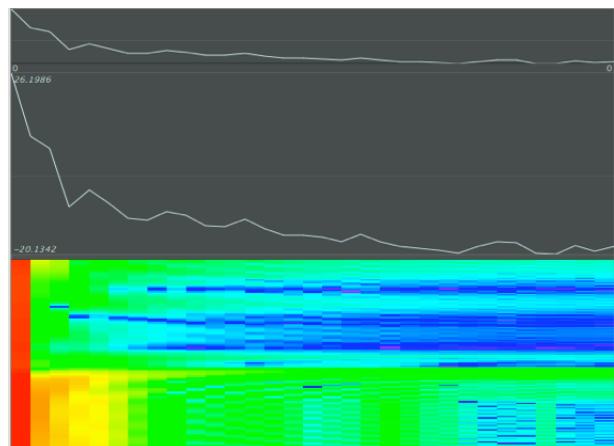
Le VoiceFollower nécessite le chargement d'un fichier son de référence apparaissant dans la fenêtre principale de l'objet. Des marqueurs peuvent être ajoutés à cet enregistrement de référence. La synchronisation fonctionne uniquement si le texte utilisé lors de la performance est proche de la référence. Cet objet n'est donc pas un système de reconnaissance vocale, mais un outil de synchronisation se basant sur des textes fixes. Le MotionFollower intègre une fonctionnalité d'enregistrement pour définir la phrase de mouvement de référence.

### ■ Nouveaux objets réalisés

- **Filtering**  
L'objet Filtering implémente un ensemble de méthodes de filtrage sur un flux de données entrant, dont les filtres de types onepole, biquad, median et moving average. Il peut afficher les données brutes, les données filtrées et le complément de façon juxtaposée ou superposée. Une scrollbar à sélection de région, en haut de l'objet, permet le zoom et le scroll du contenu ; une toolbar en bas de l'objet permet de configurer l'affichage et le filtrage.



- **VecDisplay:**  
L'objet vecdisplay permet l'affichage d'un vecteur de données entrant. Il mémorise l'historique dans la partie inférieure de l'objet, où l'on peut naviguer avec la souris. Une splitbar permet de changer la taille relative des deux affichages, et une scrollbar pour la sélection de région, permet le zoom et le scroll.



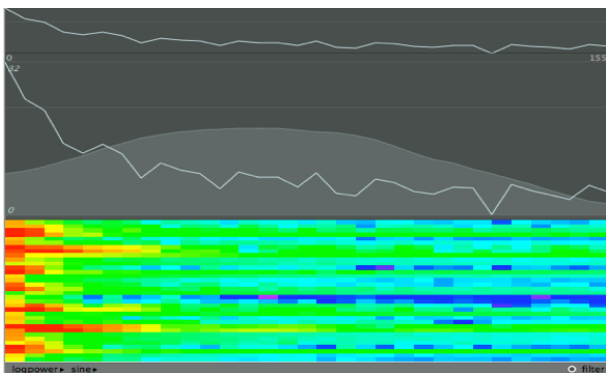


- FftSpectrum

L'objet FftSpectrum, qui hérite de VecDisplay, permet l'analyse FFT d'un signal entrant, son affichage et son filtrage. Comme dans VecDisplay l'analyse FFT est affichée dans la partie supérieure et son historique dans celle inférieure.

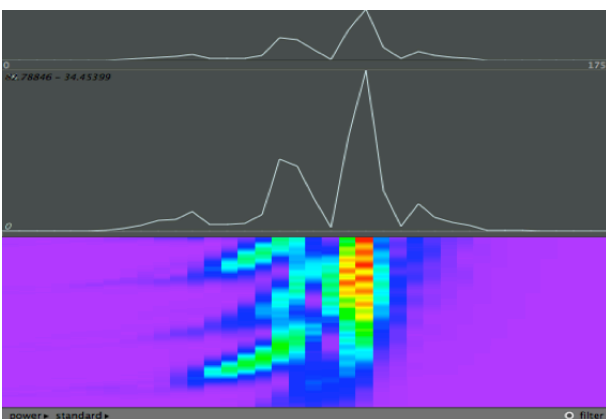
Une courbe de filtrage peut être dessinée à la souris, en superposition de l'affichage de la FFT. Cette courbe sera appliquée à la FFT du signal avant que celui-ci soit reconstitué en sortie.

Une toolbar en bas, permet la configuration de l'analyse FFT et de l'affichage, et un scrollbar en haut permet le zoom et le scroll.



- WaveletSpectrum

L'objet WaveletSpectrum, qui hérite de VecDisplay, permet l'analyse du signal entrant selon la méthode de la transformation en ondelettes continues. Le résultat est affiché dans la partie supérieure et l'historique dans celle inférieure. La structure de l'objet est identique à celle de l'objet FftSpectrum.



## SUPERVP POUR MAX

### ■ Descriptif

SuperVP pour Max est un ensemble de modules Max qui intègre le moteur d'analyse/synthèse sonore SuperVP. L'ensemble comprend six modules Max qui permettent la transformation en temps réel des flux sonores et de sons préalablement enregistrés :

supervp.sfplay~ ... lecture et transformation de fichiers son  
 supervp.play~ et supervp.scrub~ ... transformation de sons dans un buffer~

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 sinusoïdales, bruitées 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. Les modules ont été mis à jour pour Max 7 (utilisation de la nouvelle API pour l'accès au *buffer~* de Max 7) en version binaire FAT 32/64-bit. L'accès aux données audio dans un MuBu est dorénavant possible. Ces accès respectent maintenant la fréquence d'échantillonnage du système, c'est-à-dire que le contenu du buffer est échantillonné à la volée pendant la synthèse.

La nouvelle fonctionnalité de *envelope warping* a été ajoutée, qui permet de déformer l'enveloppe spectrale selon une fonction de transfert, permettant de déplacer des formants pour la transformation vocale.

## IRCAMDESCRIPTOR~

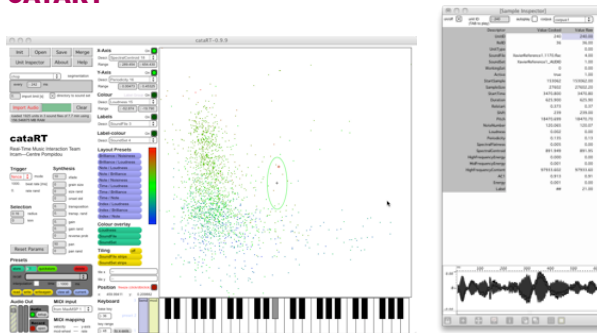
### ■ Descriptif

La bibliothèque de fonctions et templates C++ IrcamDescriptor de l'équipe Analyse et synthèse des sons calcule un grand nombre de descripteurs audio instantanés à partir de fichiers sons. Son intégration temps réel dans Max6, Max 7 et Windows est distribuée aux utilisateurs internes (RIMs) et externes par le Forum.

### ■ Principales fonctions réalisées

Nouvelle version pour Windows.

## 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, et 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 interactive en temps réel est implémenté dans Max 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.

Il existe aussi une version application standalone dans le Forum avec une interface simplifiée et une documentation utilisateur complète.

### ■ Principales fonctions réalisées

Nouvelles version de l'application 1.5.0 avec les points principaux suivants :

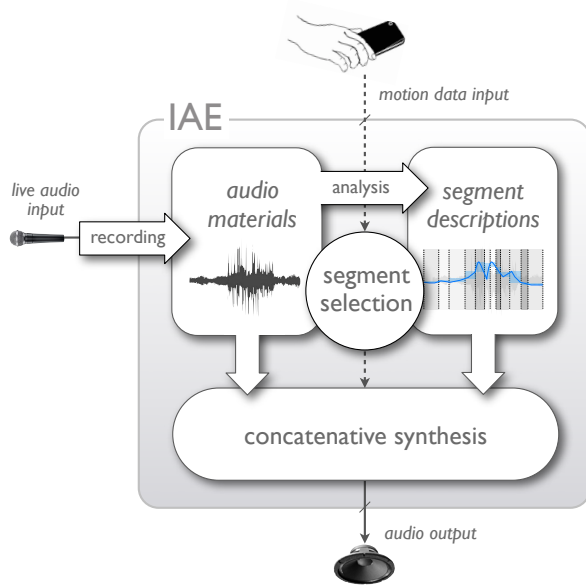
- contrôle multi-touch par TUIO ;
- fonctions d'éditations de corpus :  
effacement de points ou de fichiers sons ;  
distribution uniforme de points en 2D ;
- améliorations de l'affichage 2D.

Nouvelle version modulaire 1.2.5 avec les points principaux suivants :

- meilleure gestion de la mémoire ;
- amélioration de l'affichage en mode multi-points.

Avancements et première diffusion du portage du principe de synthèse par corpus contrôlé par navigation 2D en patch d'exemple basé sur les modules de MuBu et PiPo.

## IAE



## ■ Descriptif

La IMTR Audio Engine (IAE) est un moteur de synthèse sonore par descripteurs. Ce moteur intègre les bibliothèques développées par l'équipe ISMM (anciennement IMTR) dans une classe C++ portable et optimisée. La IAE permet donc de développer des fonctionnalités similaires à celles de MuBu pour Max, mais dans d'autres environnements.

La IAE contient :

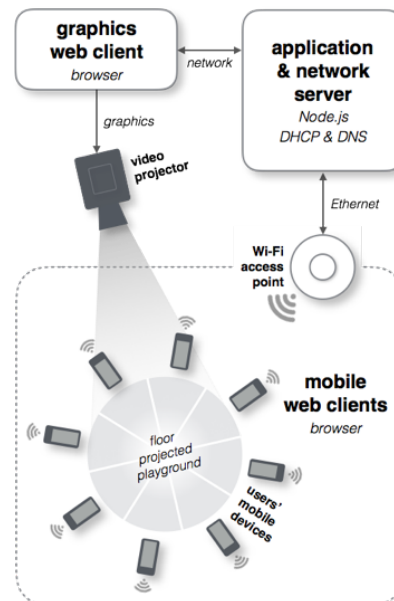
- MuBu, conteneur de données temporelles ;
- ZsaZsa, moteur de synthèse granulaire et concaténative ;
- RTA, analyse et modélisation de données.

Dans le cadre du projet Topophonie, le moteur a été intégré en tant que plugin dans l'environnement d'animation graphique Unity3D, ainsi que dans MacOSX, iOS ainsi que dans un module expérimental de Max et OpenMusic (projet Efficace).

## ■ Principales fonctions réalisées

- versions 2.2–2.4 ;
- refonte de l'architecture interne et optimisation de l'API externe ;
- accès aux modules PiPo et leurs paramètres ;
- continuation de l'intégration dans OpenMusic (projet Efficace) : accès aux descripteurs chargés à partir de SDIF ou calculés avec PiPo ;
- amélioration et intégration dans Unity3D de l'extension Physis Audio Engine (PAE) : moteur de synthèse spectrale et gestion de transitions pour la synthèse de textures sonores (projet Physis) ;
- ajout de tests unitaires ;
- meilleure gestion de la mémoire.

## COLLECTIVE SOUNDWORKS



Configuration d'une application type de Collective Soundworks

## ■ Descriptif

Collective Soundworks est un framework pour le développement des applications d'interactions collaboratives fondées sur des technologies web mobile. Dans les applications Collective Soundworks, les utilisateurs sont invités à interagir avec un dispositif audiovisuel en se connectant avec leur smartphones ou tablettes dans des installations ou lors de concert participatifs.

Le framework fournit un ensemble de services client/serveur qui facilitent l'implémentation d'applications distribués sur une multitude de clients web communiquant par le réseau. Ces services incluent la communication et synchronisation entre clients, la visualisation ainsi que l'interaction entre utilisateurs utilisant des écrans mobiles et/ou des capteurs de mouvement embarqués.

Pour la partie audio, le framework est fondé sur la bibliothèque WavesJS développée dans le cadre du projet Wave. Collective Soundworks est développé dans le cadre du projet CoSiMa.

## ■ Principales fonctions réalisées

- finalisation d'une première version et validation dans plusieurs projets d'applications ;
- consolidation et documentation d'une deuxième version du framework (sera diffusé en 2016).

## OPENMUSIC

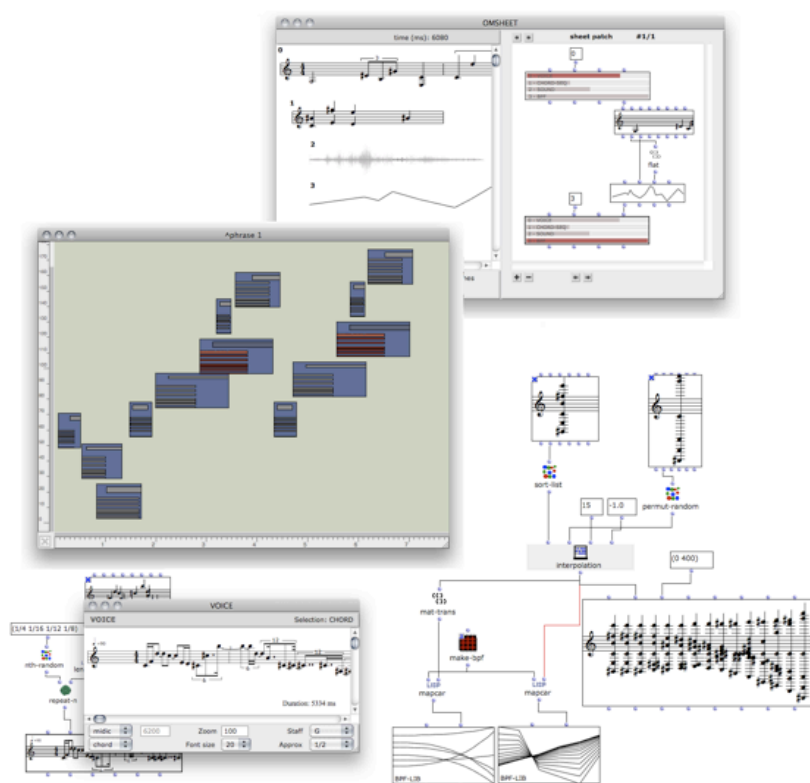
### ■ Descriptif

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 tels que l'analyse et la synthèse sonore, les modèles mathématiques, la résolution des problèmes de contraintes, etc. Des interfaces originales comme l'éditeur de maquettes permettent 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, et est enseigné dans les principaux centres d'informatique musicale ainsi que dans plusieurs universités en Europe et dans le monde.

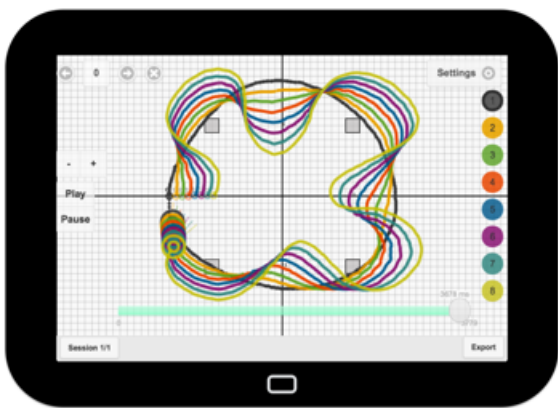
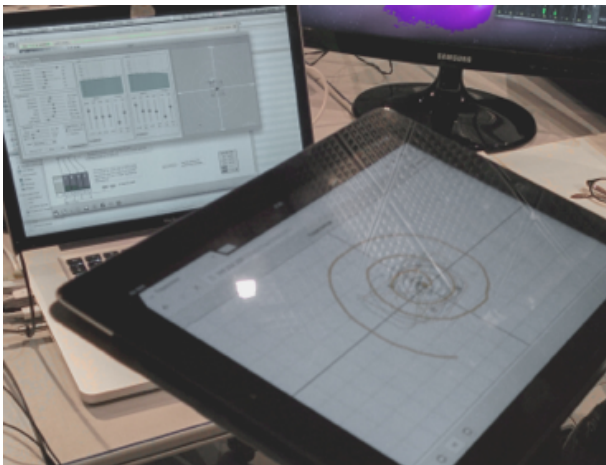
### ■ Principales fonctions réalisées

La version 6.10 a été distribuée en novembre 2015 et présentée lors des Atelier du Forum Ircam. Comme les précédentes, cette version est disponible sur Windows, Mac et Linux grâce à un partenariat de développement avec le centre de recherche BEK de Bergen (Norvège). Les interfaces Midi ont été simplifiées, et les fonctionnalités réactives introduites dans OM 6.9 ont été étendues à l'ensemble des composants du langage visuel. Ces dernières fonctionnalités permettent à des événements externes ou des actions de l'utilisateur (édition des données, activation d'un contrôleur...) de déclencher des réévaluations et des mises à jour partielles des programmes visuels, et permettent de mettre en œuvre l'environnement de CAO dans des nouveaux scénarios d'interaction.

Les autres améliorations apportées dans cette version portent sur les outils de visualisation et de manipulation des courbes 3D, l'export de partitions au format XML, les fonctions audio, ainsi qu'un certain nombre de fonctionnalités liées à programmation visuelle telles que l'encapsulation automatique ou les options de présentation des connections.



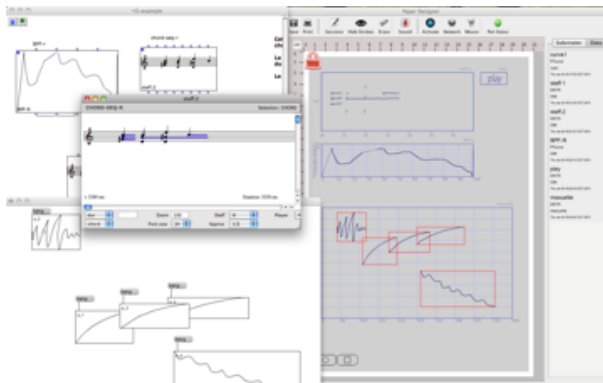
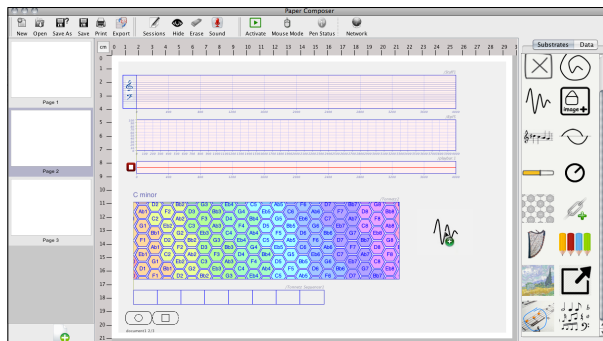
## TRAJECTOIRES



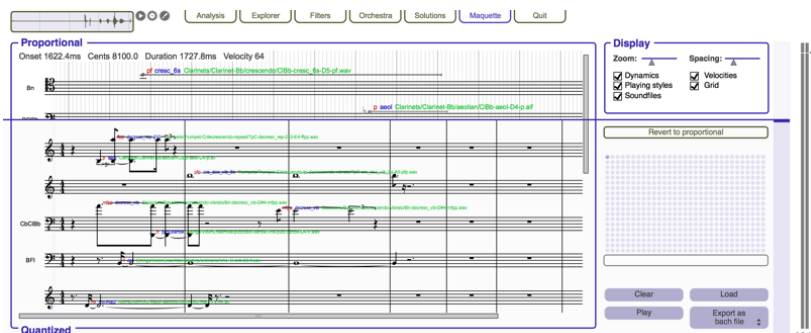
Trajectoires est une application pour le dessin de trajectoires fonctionnant sur navigateurs web et dispositifs mobiles. Cette application permet de dessiner et transformer des courbes «à la main», de les organiser par groupe et de les assigner à des sources sonores pour le contrôle de processus de spatialisation. Trajectoires communique via OSC avec des environnements divers comme OpenMusic (par exemple pour transmettre, charger, ou transformer algorithmiquement les courbes) ou Max/Spat (pour contrôler graphiquement le déroulé d'un processus de spatialisation effectué en temps réel).

## PAPERCOMPOSER

PaperComposer est un outil de création d'interfaces sur papier interactif, à l'état de prototype interne. PaperComposer permet à l'utilisateur de créer des interfaces personnelles à partir de données musicales disponibles dans des applications clientes comme OpenMusic et Max/MSP, de les imprimer directement sur du papier interactif et des les utiliser avec un stylo numérique pour contrôler les applications et leurs données. L'application est basée sur l'utilisation de «paper substrates», des composants papier capables de représenter des données musicales et d'interpréter les interactions de l'utilisateur. Actuellement, des substrates existent pour la saisie et l'édition de notes ainsi que le contrôle de courbes et d'éléments graphiques comme les sliders ou les boutons.



## ORCHIDS



## ■ Descriptif

Orchids est le premier système complet pour l'orchestration temporelle assistée par ordinateur et l'optimisation de mélanges de timbres. Il fournit un ensemble d'algorithmes permettant de reconstruire n'importe quelle cible sonore évoluant dans le temps par une combinaison d'instruments ou échantillons, selon un ensemble de critères psychoacoustiques. Il peut aider les compositeurs à obtenir des couleurs de timbre inouïes en fournissant une multitude de solutions efficaces qui recréent au mieux cette cible sonore. Grâce à un ensemble étendu de fonctionnalités, Orchids peut également reproduire des évolutions et formes abstraites de mouvements spectraux. Ses résultats fournissent des partitions d'orchestre multiples pouvant être organisées de manière intuitive afin d'obtenir rapidement une réalisation d'idées orchestrales et musicales. Ce système fournit plusieurs algorithmes d'approximation permettant d'optimiser conjointement plusieurs propriétés de timbre. Les avantages du système Orchids résident dans le fait que cette approximation peut être faite séparément sur des formes temporelles, valeurs moyennes ou écarts-types (ou toute combinaison des trois) de chaque descripteur psychoacoustique. En outre, les utilisateurs peuvent également définir une déformation temporelle manuelle, et même effectuer une recherche multi-cibles à l'intérieur de multiples segments sonores, offrant ainsi des réalisations de pièces orchestrales complètes en quelques secondes. Le nouveau système est livré avec une vaste base de données de possibilités orchestrales, mais peut également être étendu de manière illimitée, y compris avec des sons de synthèse, en glissant simplement sa propre banque de sons. Enfin, le

logiciel fournit un système de recherche de séries temporelles intelligentes qui permet de faciliter la recherche de formes temporelles à l'intérieur de la base de données.

## ■ Principales fonctions réalisées

- génération de mélanges et combinaisons orchestrales inouïes par optimisation d'une cible ;
- possibilité d'écriture du timbre par mélanges orchestraux et optimisation de l'évolution temporelle ;
- implémentation C++ étendant les heuristiques d'analyse multiobjective des séries temporelles ;
- analyse temporelle complète des descriptions psychoacoustiques de plus de 30 instruments de l'orchestre et 600 styles de jeu ;
- plus de 40 descripteurs psychoacoustiques calculés automatiquement ;
- définition de cibles abstraites et d'évolutions temporelles de descripteurs spectraux ;
- interface simple permettant la spatialisation de l'orchestre ainsi que le travail efficace d'une maquette d'œuvre orchestrale ;
- extension facile de la base de connaissances et recherches temporelles efficaces ;
- interaction et exports vers de multiples systèmes de notation musicale ;
- logiciel standalone marchant sous toutes les versions du système d'exploitation MacOSX avec interface graphique ;
- disponibilité sous forme de patches Max et de serveur C++ avec protocole OSC.

## ANTESCOFO

### ■ Descriptif

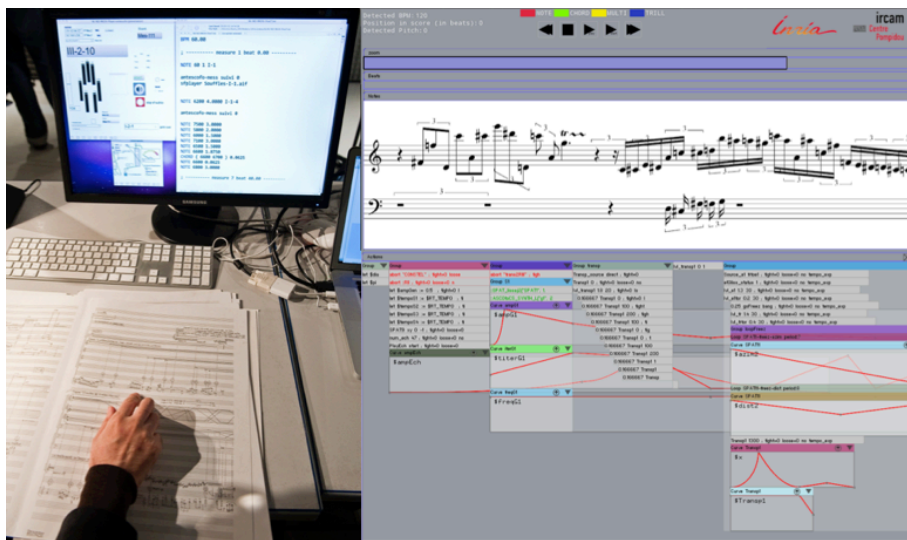
Antescofo est un système modulaire de suivi polyphonique de partition et un langage de programmation synchrone pour la composition musicale. Le module permet la reconnaissance automatique de la position dans la partition et le tempo du musicien en temps réel, permettant ainsi de synchroniser une performance instrumentale avec celle d'une partition virtuelle informatique. Antescofo réunit la description de la partie instrumentale et de la partie électronique dans la même partition. Son langage de programmation synchrone dédié à l'écriture du temps et de l'interaction musicale permet de spécifier des processus temps réel dans le langage commun des artistes. Après le chargement de la partition, Antescofo est capable de suivre la position et le tempo des musiciens en temps réel et de 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 2015, le système a été utilisé dans de nombreux concerts par des ensembles prestigieux à l'étranger comme le Berlin Philharmonics (mars), le Barbican Center in London (mai), le Warsaw Autumn Festival, etc. Il a également été exposé lors des événements grand public invités TEDx et CNRS Fondamentales

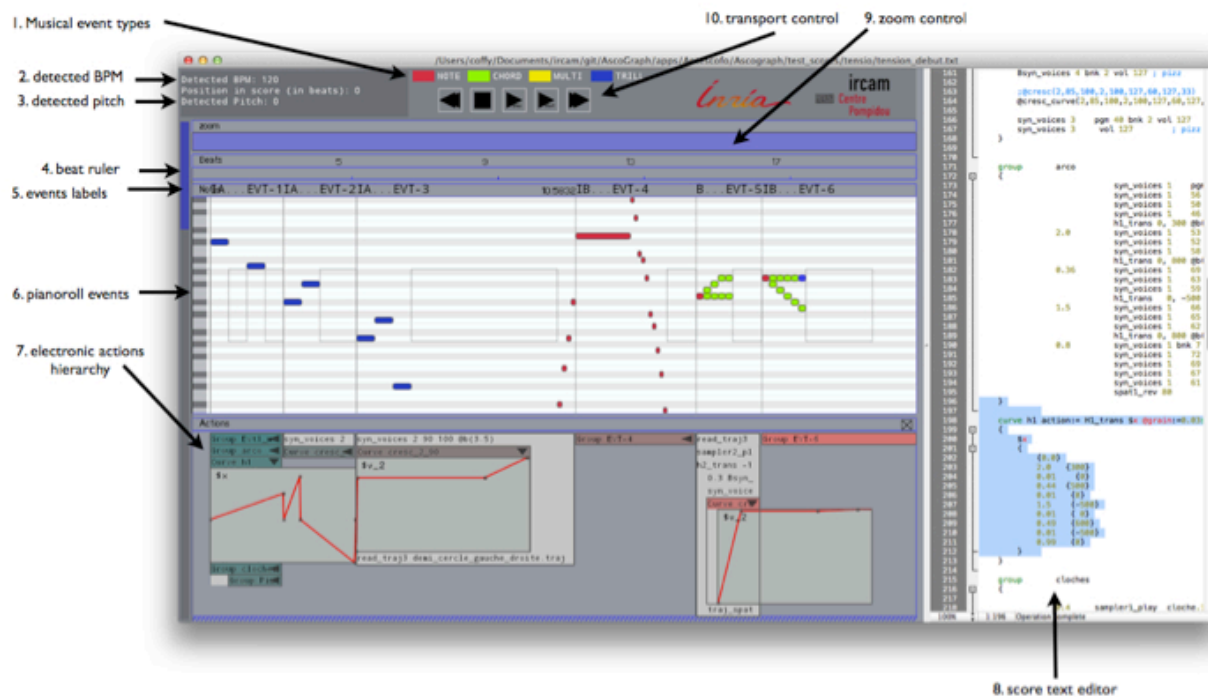
### ■ Principales fonctions réalisées

Plusieurs versions ont été distribuées cette année. La version distribuée lors du ForumNet de l'Ircam intègre de nombreuses fonctionnalités nouvelles :

- une amélioration de la machine d'écoute qui prend mieux en compte les relations temporelles, ce qui se traduit par une reconnaissance plus robuste ;
- la possibilité de représenter des partitions avec des points de choix (œuvres ouvertes) calculés dynamiquement ;
- de nouvelles stratégies de synchronisation (en particulier des stratégies anticipatives adaptées à l'accompagnement automatique) ; des traitements avancés et expressifs sur les tableaux et les fonctions par morceaux, permettant de développer des bibliothèques génériques ;
- l'introduction d'une notion d'objets temporels ;
- le développement de tutoriels avancés ;
- un renforcement du couplage avec Ascograph, l'environnement d'édition de partitions mixtes et de contrôle en temps réel d'Antescofo.



## ASCOGRAPH



## ■ Descriptif

Ascograph est un éditeur graphique permettant de visualiser les partitions Antescofo. Cet environnement permet de construire des partitions complexes en simplifiant la saisie des *curves*, construction du langage permettant d'échantillonner des paramètres devant varier continuellement dans le temps. Cet environnement d'édition permet d'importer des fichiers Midi ou MusicXML, correspondant soit à la partie instrumentale à suivre, soit à l'accompagnement MIDI de cette partie.

L'environnement Ascograph permet aussi le contrôle d'un système Antescofo en répétition ou en concert. Ascograph peut se coupler à un système Antescofo en cours d'exécution (via le protocole OSC), ce qui permet de visualiser graphiquement le suivi, de contrôler les sauts ou encore de lancer l'évaluation d'un fragment de programme Antescofo.

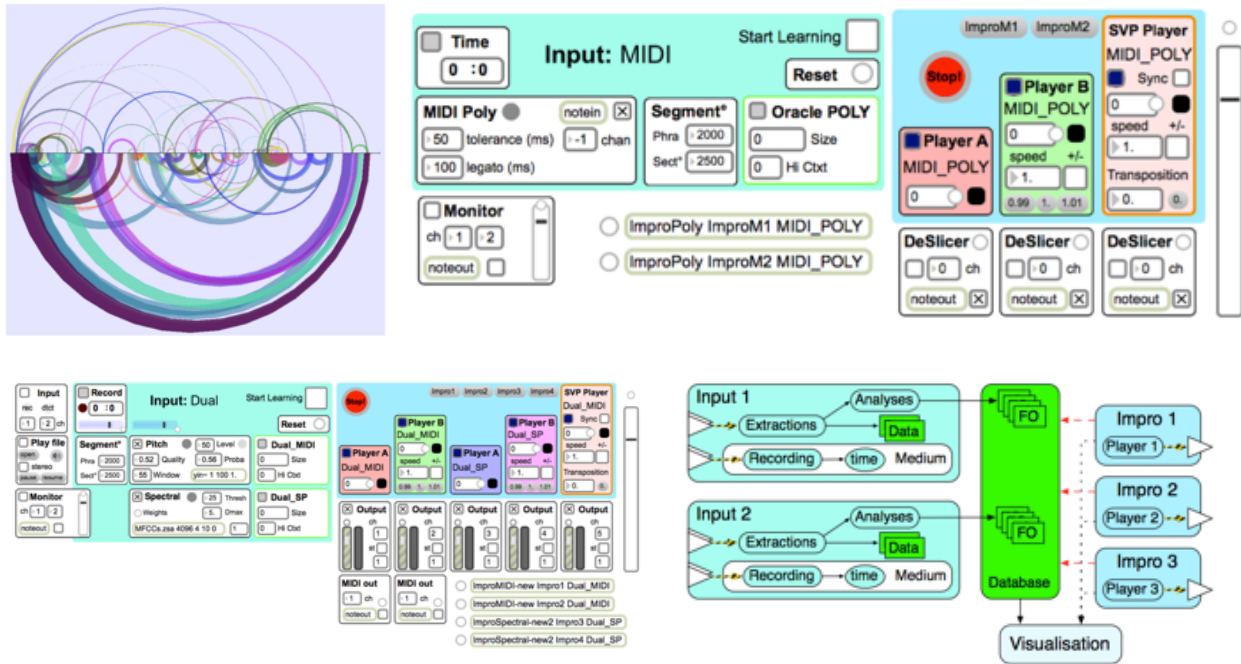
## ■ Principales fonctions réalisées

Le logiciel offre de nombreuses fonctionnalités :

- la visualisation en parallèle d'une vue graphique (pianoroll) et textuelle de la partition Antescofo ;
- l'édition textuelle des programmes Antescofo (avec colorisation et affichage holophrastique) ;
- l'édition graphique de curve ;
- l'import de fichier MusicXML ;
- l'import de fichier MIDI ;
- l'édition graphique des *curves* Antescofo avec plus d'une trentaine de méthodes d'interpolation ;
- la visualisation de l'événement courant lors du suivi ;
- le dialogue avec un système Antescofo (double-clic dans l'environnement Max, lancement, arrêt, saut, rechargement d'une partition).



OMAX



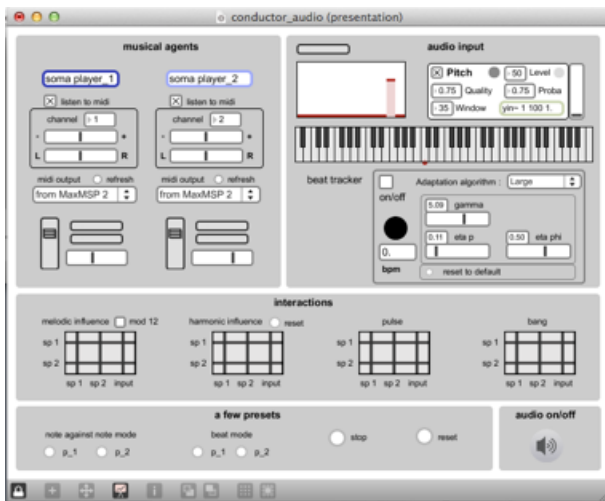
■ Descriptif

OMax est un environnement pour l'improvisation avec ordinateur qui analyse, modélise et réimprovise en temps réel les flux audio issus du jeu d'un ou de plusieurs instrumentistes. 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). À partir de la version 4, OMax est entièrement réécrit de manière modulaire sous forme d'objets Max.

■ Principales fonctions réalisées

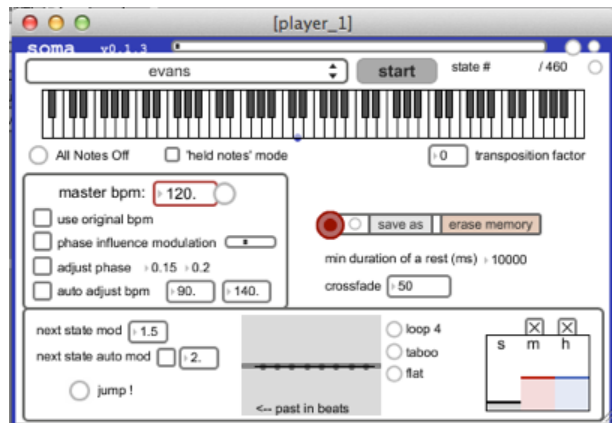
- portage de la version 4.5.3 forum sur Max 7 ;
- réécriture de Omax Video et portage sur Max 7.

## SOMAX



## ■ Descriptif

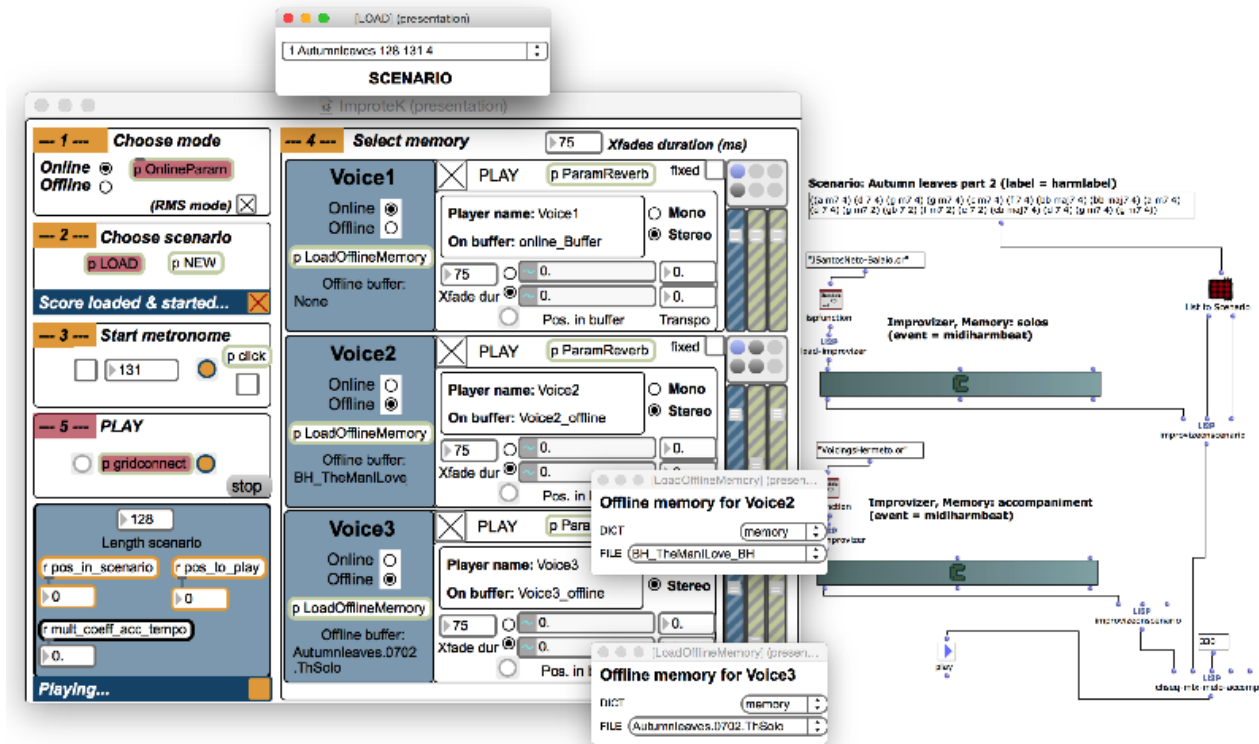
SoMax est un agent autonome (à l'état de prototype interne) capable de générer du contenu musical en se basant sur une connaissance extraite d'un corpus pré-analysé ou d'un matériel directement appris à la volée. Développé dans le contexte du projet ANR SOR2, SoMax est une des dérivations d'OMax. Au-delà des fonctionnalités de ce dernier, ce nouveau prototype est capable de préserver une pulsation et de se synchroniser avec une entrée extérieure. La navigation dans une mémoire musicale donnée peut être guidée par différentes contraintes rythmiques, mélodiques et/ou harmoniques créant des situations d'accompagnement ou d'arrangement temps réel, voire de génération de solo selon une harmonie d'entrée, tout cela dans un contexte improvisé donc sans accès à une forme connue a priori. Un ensemble de commandes externes des principaux objets SoMax permet de piloter et de contrôler dynamiquement le comportement d'un ou de plusieurs agents ainsi que leurs interactions avec le musicien humain ou avec d'autres agents.



## ■ Principales fonctions réalisées

- réorganisation du code de SoMax, nouvelle doc utilisateur, nouvelle doc développeur ;
- portage du module d'apprentissage de corpus en Python et documentation.

## IMPROTEK



## ■ Descriptif

Improtek est un système d'improvisation musicale homme-machine guidé par un scénario temporel (logiciel expérimental à usage interne) réalisé en collaboration avec l'EHESS. Il est plus particulièrement dédié à l'improvisation pulsée et idiomatique (jazz, blues... par exemple) ou plus généralement à l'improvisation composée. Les improvisations du système sont guidées par une structure temporelle de « scénario » (par exemple une grille harmonique) tout en étant réactives à des contrôles dynamiques.

Le système est constitué de deux modules autonomes pouvant être utilisés séparément :

- un module de génération de séquences musicales avec spécification d'une structure temporelle et d'une mémoire musicale (OpenMusic) ;
- un module audio permettant la synchronisation du rendu des improvisations du système avec une pulsation non-métronomique (Max/Antescofo).

Ces deux modules s'intègrent dans une architecture réactive permettant de guider l'improvisation homme-machine en alliant planification et réactivité.

## ■ Principales fonctions réalisées

- généralisation du modèle de génération aboutissant à un protocole de composition de séquences musicales ou de sessions d'improvisations à l'échelle du scénario : définition d'un alphabet musical et de ses propriétés et définition d'un scénario sur cet alphabet ;
- architecture réactive gérant les appels concurrents au module de génération résultant de contrôles dynamiques opérés pendant la performance ;
- nouveau module de rendu audio enregistrant, segmentant et indexant les entrées musicales, associé à des mécanismes de synchronisation. Le système peut désormais improviser en réinjectant l'audio capté durant la performance, qui est agencé et transformé de manière à satisfaire le scénario choisi tout en se synchronisant sur une pulsation humaine non métronomique ;
- généralisation du module audio en module de contrôle, qui peut ainsi piloter d'autres modules de restitution, vidéo par exemple.





## LES RESSOURCES

## LES RESSOURCES HUMAINES

L'Ircam, organisme associé du Centre Pompidou, est une association de droit privé, dont la population est soumise aux règles du droit privé du travail.

Néanmoins, les statuts du personnel de l'Ircam et sa grille de rémunération sont calqués sur ceux du Centre Pompidou composé principalement d'agents publics.

La mobilisation du personnel de l'Ircam est essentielle à son succès, et se fait, pour les ressources humaines, 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 et la diffusion d'un agenda RH interne commun.

En 2015, la direction et les représentants du personnel (IRP) ont fait aboutir 2 projets lancés en 2014 :

- la nouvelle grille indiciaire du CGP-MCC (ministère de la Culture et de la communication) ;
- un référentiel métiers et compétences, propre à l'institut.

Par ailleurs, 2015 a été riche en dispositions nouvelles prévues aux réformes et lois applicables qui ont été mises en œuvre :

- l'entretien professionnel ;
- les plans d'actions « Égalité homme/femme » et « Contrat de génération » ;
- préventions des risques professionnels : le travail sur écran ;
- transmissions des informations : loi de simplification du droit ;
- la dérogation à la durée maximale des 48 heures hebdomadaire.

### UNE NOUVELLE GRILLE INDICIAIRE AU 1<sup>ER</sup> JANVIER 2015

En 2014, la grille indiciaire du Centre Pompidou, qui sert de base aux rémunérations versées à l'Ircam, a fait l'objet d'une importante refonte. Cette grille a été adaptée aux besoins de l'institut par le service RH.

Les objectifs de cette refonte sont :

- permettre une meilleure adaptation des recrutements par rapport au marché de l'emploi (salaires plus attractifs en début de carrière) ;
- la mise en place de diverses mesures favorables à l'évolution des carrières (progression plus rapide et plus homogène) ;
- la simplification du système de rémunération (intégration des primes mensuelles au salaire de base).

Cette nouvelle grille pour l'ensemble des salariés a été mise en place au 1<sup>er</sup> janvier 2015. Par la même occasion, et en concertation avec la direction de la Production, a été mise en place une grille tarifaire au profit des intermittents du spectacle permettant notamment d'homogénéiser les rémunérations.

### UN « RÉFÉRENTIEL MÉTIERS ET COMPÉTENCES » PROPRE À L'IRCAM

L'Ircam, en accord avec les IRP, avait lancé en 2014 le projet de la création d'un « Référentiel métiers et compétences » permettant une vision globale de l'organisation et d'harmoniser la classification des postes au sein de l'institut.

Les objectifs souhaités de ce référentiel sont d'aider au recrutement, à la formation et à l'évaluation des compétences et des métiers, de développer la communication interne (mobilité interne, évolution des carrières, communication au sein des services...). Il servira aussi de support pour permettre de mener les entretiens annuels, et les nouveaux entretiens professionnels.

En partenariat avec le comité de pilotage, le service RH et la consultante externe (Nathalie Olivier – RH Conseil PME), les référents de chaque groupe ont rédigé leurs fiches métiers, après validation des missions et des niveaux de compétences par leurs pairs et hiérarchie. Tout au long du processus, le comité de pilotage s'est réuni régulièrement pour analyser et harmoniser l'ensemble des 21 fiches métiers retenues. En fin d'année 2015, le comité de pilotage a convié l'ensemble des salariés à une réunion plénière, au cours de laquelle la consultante a présenté le Référentiel métiers et compétences, ainsi que son articulation avec les futurs entretiens professionnels. À la suite de cette présentation générale, le référentiel a été mis en ligne sur l'intranet de l'institut pour en favoriser son usage.

### L'ENTRETIEN PROFESSIONNEL, UN NOUVEAU RENDEZ-VOUS

« L'entretien professionnel » a été instauré par une loi du 5 mars 2014 qui a créé de nouvelles obligations pour les entreprises. Ce nouveau rendez-vous salarié/encadrant a ainsi pour objectif de faire le point sur le parcours professionnel et d'envisager les perspectives d'évolution professionnelle possibles et les moyens associés (formation, qualification, emploi). L'entretien professionnel doit être organisé tous les 2 ans, et un bilan est effectué tous les 6 ans pour vérifier si le salarié a suivi au moins une action de formation, acquis des éléments de certification ou bénéficié d'une progression salariale/professionnelle. Ainsi, il ne se confond pas avec l'entretien individuel annuel dont les objectifs sont de natures différentes.

En novembre 2015, la consultante qui a co-produit le Référentiel métiers et compétences a présenté cet entretien professionnel à l'ensemble des salariés lors d'une plénière. Parallèlement, l'Ircam a organisé une journée de formation à destination des encadrants pour les aider à la conduite de l'entretien professionnel. Ces entretiens devront être menés du 4 décembre 2015 au 5 février 2016.

## PLANS D' ACTIONS « ÉGALITÉ H/F » ET « CONTRAT DE GÉNÉRATION »

Le plan d'action annuel « Égalité professionnelle homme-femme 2015 » et le nouveau plan « Contrat de génération » ont été transmis puis validés par la Direction départementale du travail (DIRECCTE) après concertation avec les membres du CE et du CHSCT. Ces 2 plans sont disponibles sur l'intranet RH.

### ■ Plan « Égalité professionnelle Homme-femme » version 2015

Ce plan reprend les principaux principes du plan version 2014 (mixité des emplois, équilibre vie professionnelle et parentalité). À cela ont été ajoutées d'autres nouvelles actions :

Actions qui seront évaluées en corrélation avec l'analyse du Référentiel métiers & compétences :

- renforcement de la présence des femmes dans les groupes 3, 4 et Hors grille, en réajustant si nécessaire notre politique de positionnement des métiers dans la grille salariale ;
- formalisation des parcours de carrière par métiers : il s'agirait de formaliser de façon explicite les évolutions de carrière possibles par métier et les passerelles éventuelles entre les métiers.

Actions qui ont été mises en œuvre en 2015 :

- organisation de formations en fonction des évolutions professionnelles : en 2015, les encadrants ont suivi la formation « Mener l'entretien professionnel » ;
- sensibilisation de l'ensemble du personnel aux enjeux de la mixité et de la diversité : en 2015, l'ensemble des salariés ont suivi la formation « Sensibilité à la mixité et à la diversité des équipes de travail » ;

### ■ Plan intergénérationnel dit « Contrat de génération » - 2015-2017 :

Ce nouveau plan reprend en partie les dispositifs de l'ancien « Plan d'action Senior 2010-2012 » qui avait été supprimé en 2013 mais dont les mesures favorables aux salariés avaient été maintenues par l'Ircam. Les objectifs concernant l'insertion durable des jeunes et la transmission des savoirs et des compétences s'y sont ainsi ajoutés.

Au-delà de l'intérêt du Diagnostic dans la gestion de la pyramide des âges, certaines de nos pratiques professionnelles ont été ainsi formalisées :

- accueil des jeunes (stages, recours à l'alternance, formation des tuteurs, création d'un entretien de suivi) ;
- maintien dans l'emploi des seniors et amélioration des conditions de travail des salariés les plus âgés (aménagement du temps de travail, reclassement, bonification retraite) ;
- transmission des compétences et savoirs (à enrichir d'actions concrètes une fois le Référentiel métiers et

compétences finalisé)

## PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS : LE TRAVAIL SUR ÉCRAN

Dans le cadre de ses visites au sein de l'institut, le médecin du travail a relevé que beaucoup de salariés avaient une posture inadaptée à leur poste de travail.

Afin de nous informer des risques associés, de les prévenir et de nous conseiller sur l'aménagement le plus adapté des postes de travail, une ergonome a animé 2 sessions d'information à destination des salariés de l'Ircam qui ont ensuite pu bénéficier d'une visite individuelle de leur poste de travail et recevoir des conseils personnalisés à leur propre situation.

## TRANSMISSION DES INFORMATIONS : LOI DE SIMPLIFICATION DU DROIT

À compter de 2015, il est demandé aux entreprises de regrouper l'ensemble des déclarations sociales dans une déclaration unique, mensuelle et nominative : la DSN (en lieu et place de plusieurs déclarations mensuelles + 1 déclaration détaillée annuelle). À long terme, cette déclaration modifiera profondément les données collectées, et permettra ainsi les contrôles de cohérences associés par les autorités administratives (impôts, sécurité sociale...).

En raison des nombreuses contraintes techniques de mises en œuvre, il a été prévu 3 phases de mise en production de cette évolution déclarative, avec un calendrier différent en fonction de la taille de l'entreprise. L'Ircam, considéré comme une « grande entreprise », a mis en place la phase n°2 : modification dans la saisie des informations en paie, et début des déclarations mensuelles automatisées (charges sociales, arrêt de travail...).

En mai 2015, le service RH a envoyé à tous les salariés une note d'information générale pour expliquer les objectifs, les moyens mis en œuvre, et pour les informer de leur droits d'accès à leurs données à caractère personnel.

## DÉPARTEMENT PRODUCTION : DÉROGATION À LA DURÉE MAXIMALE DES 48 HEURES HEBDOMADAIRES

Pour la 3<sup>ème</sup> année consécutive, l'Inspection du travail a accordé l'autorisation, par dérogation aux textes, de porter le temps de travail hebdomadaire à un maximum de 60 heures pour certains collaborateurs impliqués dans la Production de spectacles. Ainsi, pour la période d'avril 2015 à mars 2016, 3 régisseurs et 3 ingénieurs du son peuvent travailler un maximum de 60 heures hebdomadaire dans la limite de 5 semaines par collaborateur.

Les IRP ont émis un avis favorable au cours de la réunion extra-ordinaire du 3 février 2015 au projet de demande de dérogation à la durée maximale absolue.

## LA COMMUNICATION

### LA MODERNISATION DES OUTILS DE COMMUNICATION

Le service Communication a lancé une vaste entreprise de modernisation des outils de communication de l'Ircam qui se déroulera sur plusieurs années et dont la première phase a concerné, en 2015, la base de données de relations publiques, le logiciel de billetterie et l'installation d'une solution d'emailing. Une nouvelle politique de production de vidéos a également été engagée.

#### ■ Un nouveau logiciel de billetterie et de RP: E-venement Un outil transversal pour des opérations de marketing partagées entre les services (COMM, PAC, IRC)

Développé par la société française Libre Informatique, E-venement a été choisi pour remplacer le logiciel de billetterie et de relations publiques L@Billetterie pour sa solution Open Source. L'installation de ce logiciel libre a offert la possibilité de créer une base de données partagée entre les spectateurs de la saison et les clients du Forum et de la Pédagogie dont les données se trouvent dans Prestashop, dans l'objectif de développer des actions de e-marketing communes, adaptées à l'expérience et à l'historique de chaque contact.

La passerelle de Prestashop vers E-venement est fonctionnelle depuis fin 2015; elle fait suite à un important travail de qualification des contacts des deux côtés. Les contacts du Forum en bénéficieront en 2016, dès que le Forum aura upgradé sa version de Prestashop.

Outil partagé transversalement, E-venement permet aussi de gérer les contacts professionnels et Vip de différents services: actuellement ceux de la Communication, de la Pédagogie, du Forum et de la Direction artistique. Son usage pourrait être étendu à d'autres départements dans les années à venir.

#### Une base de 29 600 contacts

Aujourd'hui la base RP de l'Ircam, c'est 26 000 contacts individuels et 3 600 organismes:

- 10 000 contacts professionnels individuels;
- 9 000 spectateurs actifs;
- 4 000 contacts de l'enseignement scolaire et universitaires;
- 3 000 contacts institutionnels «Vip».
- 1 700 organismes de l'enseignement (artistique, scientifique, généraliste);
- 1 500 institutions et structures culturelles internationales;
- 400 entreprises.

#### ■ L'installation d'une solution emailing: MessageBusiness 80 campagnes annuelles sur des fichiers rigoureusement ciblés

Différents types de mailings sont diffusés tout au long de l'année:

- une newsletter institutionnelle Ircam, mensuelle: 9 000 abonnés dont 2 500 à la version anglaise;
- une newsletter ManiFeste, hebdomadaire sur toute la durée du festival à partir de J-15: 11 000 abonnés dont 2 500 à la version anglaise;
- des eflyers dédiés à des événements publics artistiques et scientifiques: sur des fichiers de spectateurs récents et participants actifs adaptés à chaque événement;
- des eflyers dédiés aux activités réservées aux professionnels (appels à candidatures, inscriptions aux Ateliers du Forum...): sur des fichiers de professionnels adaptés à chaque événement;
- des invitations électroniques sur les événements temps forts et propices aux opérations de RP: sur des fichiers vip et professionnels.

Au total, 80 campagnes sont envoyées par an sur des fichiers soigneusement sélectionnés (de 2 700 contacts en moyenne annuelle), soient plus de 220 000 mails.

#### Un outil performant géré en toute autonomie

Jusqu'en 2015, l'ensemble des mailings de la Communication était diffusé depuis le service Informatique, sans que le format des messages ne puisse être responsive (optimisé pour les mobiles), n'avoir de garantie sur leur délivrabilité ni une quelconque visibilité sur le comportement des destinataires à réception.

Après une étude de marché, nous avons choisi de nous équiper de Message Business, une solution emailing accessible depuis un navigateur web, qui permet de réaliser de manière autonome l'intégralité de nos campagnes. L'application intègre un éditeur d'emailing WYSIWYG (éditeurs clairs et HTML), responsive et fiabilisé pour les principaux logiciels de messagerie et Webmails (la délivrabilité est garantie). Message Business propose également des rapports très détaillés et l'ensemble des comportements sont historicisés. Choisie également parce qu'elle offre une API Prestashop, cette nouvelle solution est partagée avec les départements Pédagogie et Interfaces recherche/création.

Les premières études statistiques révèlent que les contenus les plus cliqués sont:

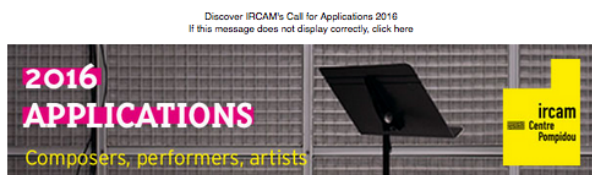
- pour les newsletters institutionnelles en français, liés à l'actualité scientifique (œuvre audio en écoute binaurale, colloque TCPM, publication Genèses musicales, analyses musicales en ligne, application Sur les bancs...) et, en



anglais, aux événements pédagogiques (lancement de la saison de stages, appels à candidatures de l'Académie, de la Résidence, du Doctorat...);

- pour les newsletters de ManiFeste, les vidéos (teasers, captations de concerts et spectacles) et les événements associés à l'ouverture du festival, pour les versions anglaises comme françaises.

Plus qu'être simplement informés sur un événement à venir, nos abonnés souhaitent donc pouvoir faire l'expérience de nouveaux contenus digitaux, accessibles immédiatement sur le web (vidéos, écoute binaurale etc).



ManiFeste-2016, The Academy: it's not to late to apply!

**Young Composers**

**Percussion Ensemble with Steven Schick**  
June 20-29, 2016

Want to write a new work for a percussion ensemble? Compose for this exclusive interpretation master class taught by Steven Schick.

**Electronic Composers & musicians, Sound Artists**

**In Vivo Electro with Mauro Lanza & Jérôme Thomas**  
June 20-July 2, 2016

Share a unique collaborative experience with stage art! Be a part of the new In Vivo Electro Workshop with a stage set by circus artist Jérôme Thomas.

**Composers, Sound Designers, Sound Engineers, Computer Music Designers**

**Computer Music Course**  
June 13-July 2, 2016

Discover and improve your knowledge of IRCAM computer tools for musical creation. Develop and present your project during this course!

**Application Deadline: Novembre 30, 2015**

[Apply Now](#)

IRCAM  
1, place Igor-Stravinsky  
75004 Paris

Follow us:  
f t

### ■ La production des médias vidéos

Un nouveau soin a été apporté au développement de vidéos, qui sont très plébiscitées par les internautes, les abonnés aux newsletters et aux réseaux sociaux; ce qui a induit de nouveaux arbitrages au sein du budget global de la communication. Cet effort sera accentué en 2016 au moment du lancement du nouveau site institutionnel.

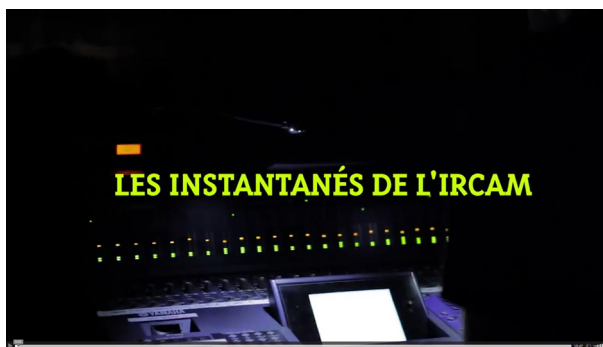
Parmi les projets phares qui ont été produits en 2015, citons :

- un film pédagogique de la série « Les instantanés de l'Ircam » sur l'indexation musicale avec Geoffroy Peeters, suite au colloque Sacem Université du 3 juin (réalisation

Gisèle Productions);

- la captation de *Répons* de Pierre Boulez le 11 juin à la Philharmonie de Paris dans le cadre du festival en coproduction avec la Philharmonie et l'Ensemble intercontemporain (réalisation Caméra Lucida);
- un reportage sur la création de *Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie* d'Olga Neuwirth le 21 octobre à la Philharmonie de Paris en coproduction avec l'Ensemble intercontemporain (réalisation La Fabrique documentaire);
- un reportage sur les Ateliers du Forum et le concert Ircam Live les 24 et 25 novembre à l'Ircam et à la Gaîté lyrique (réalisation Gisèle Productions).

L'entreprise de modernisation des outils et supports de communication se poursuit en 2016 avec le lancement d'un nouveau site institutionnel.



### MANIFESTE : LA RECONNAISSANCE DES RÉSEAUX PROFESSIONNELS

L'édition 2015 de ManiFeste a confirmé le succès public du festival en affichant un chiffre record de 15500 spectateurs soit une hausse de + de 50 % de la fréquentation par rapport aux éditions précédentes. Cette hausse significative s'explique par la programmation de deux concerts dans la nouvelle salle de la Philharmonie de Paris (jauge de 2100 places) et la participation de l'Ircam à la Fête de la musique. La performance live interactive Chloé X Ircam du 21 juin a rassemblé plus de 1800 participants dans les Jardins du Palais-Royal. L'opération de Portes ouvertes à l'Ircam a confirmé également son succès public en rassemblant

2 400 visiteurs en 6 heures, dans une jauge continuellement pleine.

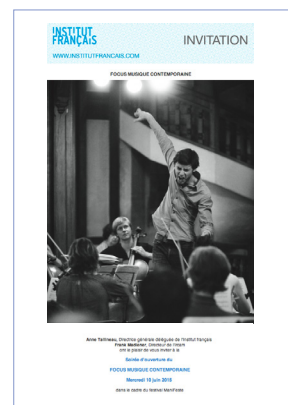
Mais plus que tout, 2015 fut l'année de la reconnaissance de l'importance du festival par les acteurs de la culture et de la création artistique. Deux rencontres artistiques destinées aux professionnels furent organisées dans le cadre du festival avec l'Institut Français (Focus Musique contemporaine destiné à 60 programmateurs et diffuseurs internationaux) et la Sacem (Colloque Sacem Université « Quel futur pour la création musicale ? » destinés aux compositeurs sociétaires) tandis que le ministère de la Culture a commandé à l'Ircam un concert technologique participatif pour la Fête de la musique.

La Communication a co-piloté l'organisation de ces événements avec les départements Production, Direction artistique et R&D. Les actions engagées avec les commanditaires pour la promotion de ces événements furent par ailleurs les suivantes :

- définition de l'identité graphique des événements ;
- création des supports dédiés et rédaction des contenus ;
- identification des cibles de publics à toucher ;
- promotion des événements (avec le recrutement des testeurs de l'expérience Chloé X Ircam) ;
- organisation d'opérations de RP (concerts sur invitation, cocktail).

Ces actions spécifiques sont venues renforcer la campagne massive de promotion globale du festival tout en dévoilant l'ampleur et la diversité des champs d'action de l'Ircam. Au-delà des professionnels internationaux cœur de cibles du Focus Musique contemporaine, ces rencontres de l'Institut Français ont permis de largement mobiliser sur le festival l'ensemble des acteurs de la création artistique en France : MCC-DGCA, Ville de Paris, Sacem, Onda, Fevis, Bureau Export, réseau Futurs composés, Centres nationaux de création musicale, producteurs, diffuseurs, compositeurs, ensembles et artistes-interprètes français.

En soutien de la participation de l'Ircam à Futur en Seine et à l'occasion des Portes ouvertes, la Communication a par ailleurs conçu une gamme de supports (flyers et affiches) valorisant l'offre professionnelle de l'Ircam : Forum, collections logiciels, stages logiciels, actions pédagogiques, parcours d'éducation artistique et culturelle.



## RICHESSE ET DIVERSITÉ DES RETOMBÉES PRESSE

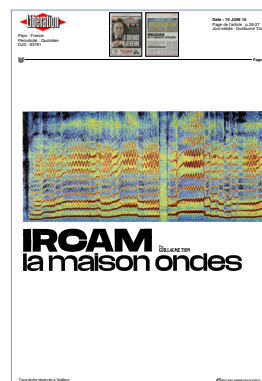
### ■ Bilan corporate : trois grands angles

#### Deux papiers de fond sur l'Ircam

- Libération : « L'Ircam, la maison onde » par Guillaume Tion, axé principalement sur la synthèse vocale ;
- Le Journal du Dimanche : « À quoi sert vraiment l'Ircam ? » par Eric Mandel, présentant les dernières innovations technologiques.

#### Un troisième sur la musique contemporaine à travers le prisme du geste

- Libération : « Effets et gestes » et « Des compositeurs hors pistes » par Nicolas Donin, musicologue à l'Ircam.



■ **La création de l'opéra *Solaris***

Grand temps fort de la saison 2014-2015, la création mondiale de l'opéra de Dai Fujikura a bénéficié d'une belle couverture dans les médias qui ont largement valorisé l'apport électronique de l'Ircam, à travers des campagnes d'annonces (dont l'AFP), de nombreuses critiques (les quotidiens Le Figaro, L'Humanité, Le Monde, les hebdomadaires Le Nouvel Observateur, Le Point, le mensuel Diapason...) et un feuilleton d'une semaine sur France 3 Île-de-France dans les coulisses de la production.

■ **Le festival ManiFeste**

Le fil rouge de cette quatrième édition du festival de l'Ircam : les œuvres-mondes qui viennent proposer au public un nouveau format de concerts et spectacles, conçus comme une expérience totale, a suscité une large reconnaissance médiatique ; les journalistes ont trouvé dans la programmation des propositions qui s'affranchissent des usages contemporains. La variété des genres : opéra, théâtre, danse, installation et la présence de têtes d'affiche internationales, de la chanteuse de fado Cristina Branco à la star montante de la direction d'orchestre Maxime Pascal, furent à l'origine d'une grande richesse d'événements et d'autant de traitements différenciés dans la presse.

Une mobilisation de l'ensemble des médias

- médias généralistes nationaux : AFP et LUSA (x2), Le Monde (x2), Libération (x3), Le Figaro (x4), La Croix (x2), Le Figaro Magazine (x1), Le Journal du Dimanche (x2), France Info (x1), France Inter (x2), TV5 (x1)... ;
- médias culturels : Diapason (x1), Le Magazine littéraire (x2) Les Inrockuptibles (x2), À Nous Paris (x3), France Culture (x7), France Musique (x10), RFI (x3)... ;
- médias populaires, cibles jeunes et/ou à très large audience : annonces du festival dans les mensuels Stylist Magazine, Air France Magazine et Vivre Paris, reportages sur le site de Culturebox ou encore annonce sur Konbini.

Une grande variété des angles rédactionnels

- couverture du *Requiem* de Zimmermann donné en ouverture : dans Diapason, Télérama, Le Monde, Le Figaro, sur France Info, France Musique et France Culture ;
- reportages : dans les coulisses de la création avec *La Métamorphose* (Les Inrockuptibles, France Info, France Musique, Le Magazine littéraire...), *Le Sec et l'humide* (Le Magazine littéraire)... ;
- Portraits et interviews : Frank Madlener (TV5 Monde), Philippe Hurel (Le Monde, La Croix...) Benjamin Dupé (Le Monde), Daniele Ghisi (Le Figaro, Culturebox), Cristina Branco (Le Figaro Magazine), Maxime Pascal (France Musique, Diapason), Michaël Levinas (Libération, le Magazine littéraire), Emmanuelle Lafon (France Inter), Georgia Spiropoulos (France Culture), Alban Richard (France Culture)... ;

- Critiques et compte-rendus : Opéra Magazine (*La Métamorphose*), Le Figaro (x2: l'avant-première avec *An Experiment with time* et la création de Philippe Hurel)...

■ **Les réalisations issues des projets de recherche : CoSiMa et la synthèse vocale**

Côté R&D, la Journée Portes ouvertes organisée dans le cadre de ManiFeste a suscité des annonces (AFP, À Nous Paris), plusieurs émissions de radio : Hugues Vinet au micro de Vincent Josse dans la matinale de France Musique, de Dominique Desaunay sur RFI, ainsi qu'un reportage vidéo de France Musique et un avant-papier dans Le Monde.

Outre cet événement déjà largement couvert l'année précédente, ce sont surtout des réalisations artistiques originales issues des projets de recherche qui ont retenu l'attention des journalistes.

Chloé X Ircam

Cette expérience collective interactive conçue pour la Fête de la musique avec Chloé par l'équipe Interaction son musique mouvement a permis de mettre en valeur les technologies développées dans le cadre du projet CoSiMa et, au-delà, de positionner l'Ircam, dont la DJ est devenue l'ambassadrice, comme à la pointe des technologies musicales dans des médias comme Trax, Elle, Kombini, Platine... Dans une interview au Journal du Dimanche, la ministre de la Culture a salué la participation de l'Ircam à ce 21 juin conçu sur le thème du « Vivre ensemble ».

Sorties du film de Jamel Debbouze et de la série documentaire *Juger Pétain*

Ces deux actualités cinématographiques ont mis en lumière les recherches de l'équipe Analyse et synthèse des sons sur la voix. Elles ont donné lieu à des interviews des chercheurs sur M6, France 5, France Inter, dans Rue89.com et les magazines spécialisés Sciences et Avenir, Sciences et Vie, Sono Mag.



## LES MOYENS FINANCIERS

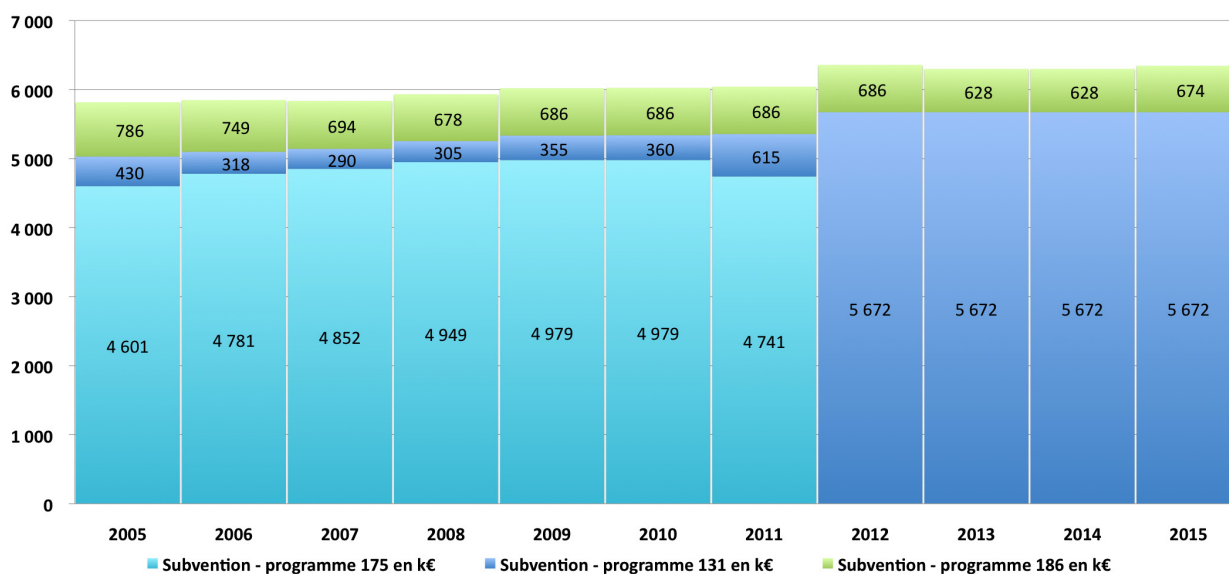
### BUDGET DE L'IRCAM 2015 (EN K€)

Fonctionnement			
<b>Dépenses</b>		<b>Recettes</b>	
Personnel	7 512	Subvention de l'État	6 014
Autres charges	4 290	Contrats de recherche	2 026
Résultat exercice	4	Prestations de service	902
		Partenariat & mécénat	183
		Prestation en nature du CP	978
		Autres produits	1 703
<b>Total</b>	<b>11 806</b>		<b>11 806</b>

Équipement			
<b>Dépenses</b>		<b>Recettes</b>	
Matériel audiovisuel	95	Capacité d'autofinancement	24
Matériel informatique	197	Subvention de l'État	315
Divers	51	Prélèvement en fonds de roulement	4
<b>Total</b>	<b>343</b>		<b>343</b>

Le budget 2015 de l'Ircam s'établit à 11 806 k€ pour son fonctionnement et à 315 k€ pour les investissements (corrigé des effets d'autofinancement et de fonds de roulement).

L'exercice présente un résultat équilibré. Il reste marqué par un niveau très élevé des ressources propres issues des contrats de recherche collaboratifs, des succès de la valorisation industrielle, du développement des tournées (absence de l'Espro). La situation financière de l'institut est fragile.



2015 est la première année de la convention triennale 2015-2017 qui lie l'Ircam à la DGCA, sa tutelle principale depuis 2012

L'Ircam continue de bénéficier des effets positifs de son rattachement au programme 131 du MCC destiné à soutenir la création artistique et qui a pris le relais du programme Patrimoine (175) en 2012. Il a fait l'objet d'un dégel pour la quatrième année consécutive.

La subvention issue du programme 186 géré par le Secrétariat général au titre de la mission Recherche a été exceptionnellement accrue de 46 k€ à titre de contribution exceptionnelle. Il présente un montant de 674 k€ alors que sa base conventionnelle reste toujours de 628 k€. Il faut noter que cette subvention finance de l'emploi de chercheurs permanents.

Abstraction faite de la subvention réaffectée lors de la reprise du centre Acanthes, le total du financement issu des subventions de fonctionnement et d'investissement reste stable depuis le premier triennal de la DGCA. Il s'élève à 6 300 k€ en 2015 contre 5 817 k€ en 2004. Ce socle s'accroît de 8,30 %, après intégration de l'activité supplémentaire liée à l'académie Acanthes (2,6 % à périmètre d'activité constant). L'érosion monétaire s'élève à 15,9 % (source insee), soit une perte de pouvoir d'intervention d'un montant global de 650 k€.

Des recettes propres nourries par la dynamique des projets qui atteignent un plateau

Les recettes propres sont de 30,0 % du budget (contre 27,5 % en 2014, 30,6 % en 2013 et 28,9 % en 2012). Les financements sur appels à projets de la R&D ont atteint un plateau et vont s'inscrire en baisse dans le futur depuis les insuccès de 2014 et 2015 auprès de l'ANR. Les financements européens dont bénéficie l'Ircam pour la création et la diffusion ont fait l'objet d'un renouvellement en 2015 (ils ont obtenu des réponses favorables en 2016). Par ailleurs, même si l'ensemble du secteur culturel est sous une pression budgétaire marquée, la fermeture de l'Espro (suite au problème d'amiante découvert en 2011) nous a obligé à accroître la diffusion artistique et a augmenté les recettes de tournée. La valorisation industrielle, notamment par les contrats de licence, a dégagé un montant record de 416 k€ en 2015 (battant son précédent record de 247 k€ de 2014) et a ainsi contribué au financement de l'innovation à l'Ircam.

Le mécénat et le partenariat représentent 183 k€, soit 1,6 % du budget (contre 1,7 % en 2014, 2,2 % en 2013 et 2,7 % en 2012). 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.

La convention triennale pour 2015 – 2017 liant l'Ircam à la DGCA entérine une stabilité depuis 2012 en euros courant de la subvention issue du programme 131. Le modèle économique de l'Ircam, qui s'appuie sur un important financement sur appels à projets pour se déployer, est de plus en plus fragile, l'institut compensant par ses succès la perte annuelle de pouvoir d'intervention issue de la subvention, véritable déséquilibre structurel accumulé avec le temps.

## RESSOURCES AFFECTÉES À L'UMR STMS EN 2015 (EN K€)

Fonctionnement (estimation des partenaires)			
Dépenses		Recettes	
Personnels Ircam	1 844	Ircam - MCC	2 467
Personnels Ircam sur Contrat	1 127	Contrats de recherche Ircam	1 838
Frais de structure Ircam	1 243	Contrats de recherche CNRS	482
Personnels CNRS	806	CNRS	836
Personnels CNRS sur Contrat	249	UPMC	580
Personnels UPMC/Doctorants	560	INRIA	158
Personnels INRIA	134		
Autres charges	398		
<b>Total</b>	<b>6 361</b>		<b>6 361</b>

Les ressources affectées à l'UMR STMS s'élèvent à 6 361 k€ en 2015. 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 leurs livres (à l'exception de la subvention de fonctionnement de l'UPMC qui a conféré le mandat de gestion à l'Ircam).

Le périmètre de l'UMR correspond à celui du département R&D de l'Ircam et intègre les personnels techniques et administratifs travaillant avec les équipes de recherche.

La gestion des contrats de recherche est normalement déléguée à l'Ircam par la convention organisant l'UMR. L'année 2015 offre une nouvelle image, puisque le projet Cream (Europe uniquement attribué à un chercheur) et des IDEX gérés par le CNRS figurent dans les comptes du CNRS. Hors recettes des contrats de recherche, la part respective des apports de chaque partenaire au financement de l'UMR s'établit comme suit : 4 % pour l'Inria, 14 % pour l'UPMC, 21 % pour le CNRS, 61 % pour l'Ircam/MCC. La part de l'Ircam/MCC passe de 81 % en 2010 à 61 % en 2015 et reflète l'investissement croissant des partenaires CNRS/UPMC dans les activités de recherche du laboratoire.

Le taux de recettes issues des contrats de recherche gérés par l'UMR s'élève à 36,47 %.

## SERVICE INFORMATIQUE

*Responsable : Raphaël Sallé de Chou*

Suite à l'audit interne effectué fin 2014 ayant donné lieu à la production d'un rapport sur les infrastructures, les processus de gestion, la répartition des tâches, un plan de grande ampleur a été décidé afin de moderniser, simplifier et rationaliser l'infrastructure.

### ■ Renouvellement du personnel

L'équipe informatique a subi un changement quasi complet de ses effectifs.

Côté gestion du parc Apple, le technicien en alternance continue sa formation, mais à un niveau supérieur, ce qui permet d'avoir une présence renforcée sur place, et de dégager du temps au responsable de l'équipe Macintosh pour travailler sur la migration vers du matériel et des systèmes d'exploitation dernière génération.

Côté systèmes et réseaux, l'équipe a été quasiment renouvelée de zéro. L'administrateur système engagé en 2014 a remplacé l'ancien responsable du service informatique, Laurent Ghys, et entamé une campagne d'embauche qui a mené à l'arrivée de deux administrateurs systèmes et réseaux afin de pouvoir commencer un travail de fond, et de grande ampleur sur l'infrastructure.

### ■ Étude sur le fonctionnement du service

Le début d'année a été marqué par l'étude qui a été menée en détail sur l'infrastructure et la nécessité du passage de relais entre le responsable du service informatique encore en place, et son futur remplaçant.

Il a fallu, ensuite, partager cette connaissance globale avec les deux nouveaux administrateurs systèmes.

À la fois l'étude et le passage de relais ont permis de commencer à défricher l'existant et d'approfondir l'analyse existante afin d'entamer la migration.

### Un système opérationnel mais obsolète et complexe

Comme toute infrastructure ayant des dizaines d'années derrière elle, le poids de l'historique est énorme.

On se retrouve avec une virtualisation pléthorique et difficilement gérable, des machines peu mises à jour, avec une dispersion des distributions GNU/Linux problématique, et un système de scripts, pour maintenir le tout, complexe, peu documenté et, pour une majorité, impossibles à mettre à jour.

L'idée directrice a été de reprendre la main, simplifier, utiliser des composants standards et limiter le plus possible les couches spécifiques, afin de pouvoir envisager, sur le long terme, une gestion plus abordable de l'administration système et pouvoir gérer au mieux les incidents, les évolutions nécessaires des besoins de l'Ircam.

Une partie des services non spécifiques a aussi été externalisée, afin de garantir la meilleure expertise possible sur des logiciels métiers non maîtrisés en interne (par exemple dans les domaines de la paie ou de la communication).

### Plan d'action

Nous avons déterminé les grands axes de travail des prochaines années :

- un système de virtualisation intégré, global, avec gestion centralisée, et la possibilité d'agréger stockages, images, et machines virtuelles ;
- sortir du tout virtuel et déterminer les services essentiels nécessitant un serveur physique, et regrouper certains services web ponctuels ou non critiques sur des machines puissantes et redondées ;
- simplifier le réseau, faire de l'analyse de flux et améliorer la sécurité, la métrologie et le monitoring ;
- mettre en place des systèmes globaux d'administration qui ne passent pas des scripts maison ;
- gérer les besoins grandissants en stockage ;
- et enfin, et probablement le plus long, entamer la migration de l'existant et en profiter pour faire le ménage.

### Analyse de solutions

La très grande disparité de solutions proposées, qu'elles soient de monitoring, de virtualisation ou de sécurité nécessite une étude approfondie :

- de leur pérennité ;
- leur adéquation à nos besoins ;
- la facilité à mettre en œuvre et à administrer sur le long terme.

Le premier chantier a été d'étudier les solutions centralisées de virtualisation.

Un test approfondi d'OpenStack, leader sur ce secteur, a conclu à une impossibilité de mise en œuvre à l'Ircam pour des raisons de complexité de déploiement et d'administration, et la nécessité d'une équipe dédiée ce qui n'était pas envisageable.

D'autres solutions comme CloudStack ou Eucalyptus ont été envisagées, mais au final c'est OpenNebula qui a été choisi, pour la facilité d'installation, d'entretien et les fonctionnalités de clustering et d'agrégation de stockage en réseau.

Après des tests en profondeur, la migration a débuté sur cette nouvelle plateforme.

En parallèle, une grande partie des blogs des équipes a été déplacée sur un gros serveur dédié aux services web, afin d'enrayer la dispersion sur une multiplicité de micro machines virtuelles, dont la profusion empêchait une administration efficace, et des mises à jour indispensables. La solution d'un Wordpress multisites a été envisagée puis testée, mais le manque de pertinence par rapport aux besoins et surtout le peu d'adéquation pour une migration d'un grand nombre de blogs nous a fait choisir une solution plus classique avec une gestion façon hébergeur.

La problématique majeure du service informatique est d'arriver à concilier la nécessité d'avancer et de moderniser l'infrastructure, avec l'obligation de rendre un service optimal sur l'existant, et d'entamer une transition en douceur vers un environnement plus maîtrisé et plus apte à s'adapter aux évolutions à venir de l'institut et de l'informatique en général.



## LES TRAVAUX DE L'ESPACE DE PROJECTION

AAPC : Avis d'Appel Public à la Concurrence  
 AMO : Assistant Maitrise d'Ouvrage  
 BOAMP : Bulletin Officiel des Annonces des Marchés Publics  
 CVCD : Chauffage Ventilation Climatisation et Désenfumage  
 META : Mesure amiante – comptage par Microscopie Électronique à Transmission Analytique  
 MOA : Maître D'Ouvrage  
 MOE : Maîtrise d'Œuvre  
 OGER : International rédacteur du programme de l'opération – AMO  
 OPPIC : Opérateur du Patrimoine et des Projets Immobiliers de la Culture – mandataire MOA  
 RBS : Régie Bâtiment et Sécurité ( Ircam)

Depuis la découverte du score 3 fin 2011, trois années avaient été nécessaires pour évaluer l'ampleur d'une opération de désamiantage complexe, ses multiples implications et ses conséquences.

Sous le pilotage de l'OPPIC, en charge de la maîtrise d'ouvrage pour le Centre Pompidou, il aura fallu une année de réflexion supplémentaire pour finaliser le contenu de l'opération de rénovation de l'Espace de projection (Espro) assortit d'un horizon budgétaire tout en menant une réflexion de fond objective sur la pertinence de l'Espro lui-même en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle.

Ainsi, le programme des travaux s'annonce ambitieux car il s'agit non seulement de réaliser un désamiantage complet, mais aussi de moderniser l'Espro, en mettant aux normes les installations et en réhabilitant tous les éléments techniques annexes.

L'année 2015 a enfin permis de finaliser le déroulement de l'opération, aboutissant à un calendrier et un financement consolidés.

### L'OPÉRATION ESPRO

#### ■ Convention de mandat

Si dès 2014 il était garanti que l'OPPIC allait assurer la maîtrise d'ouvrage de l'opération désamiantage de l'Espro, le périmètre des actions à mener a évolué par l'intégration de travaux annexes importants pour l'avenir de l'Espro.

Ces modifications ont nécessité de rédiger deux avenants à la convention de mandat initiale, permettant ainsi à l'OPPIC de mettre au point le programme nécessaire à la consultation des concepteurs.

La convention est signée depuis fin 2015 et permet ainsi d'entrer en phase opérationnelle.

Trois grand volets sont déterminés dans l'objet de la convention :

#### Volet 1 – contraintes liées à l'amiante

Le scénario retenu au terme des études de faisabilité prévoit le retrait des matériaux amiantés de l'Espro et des locaux annexes, ainsi que le remplacement des réseaux CVCD.

#### Volet 2 – mise en conformité et entretien

Afin de pérenniser durablement l'exploitation de la salle, il est établi une rénovation et mise en conformité de l'environnement et des équipements selon les besoins de l'utilisateur :

- la totalité des câbles courants forts de la machinerie, des PC, de l'éclairage, des prises et autres appareils de puissance sera remplacée ;
- l'installation courant faible sera renouvelée et mise aux normes ;
- la plomberie, tant en ce qui concerne les alimentations que les évacuations, sera revue, permettant un dimensionnement adéquat et une meilleure maîtrise des consommations ;
- Le revêtement de sol de l'Espro sera remplacé, ainsi que ses menuiseries (portes) présentant des dysfonctionnements ; les habillages métalliques du foyer et les cloisonnements dégradés seront changés.

Pour finir, tous les équipements immobiliers solidaires du gros œuvre seront contrôlés et mis en conformité.

#### Volet 3 – intégration numérique

Le troisième important volet du programme de travaux consiste en l'intégration numérique ; il s'agit de faire évoluer les équipements de l'Espro pour en conserver les potentialités d'adaptation :

- remplacement des moteurs de périactes, des modules et interfaces de commande, des réseaux courants forts et faibles ;
- création d'un nodal cœur numérique.

## PHASAGE DES TRAVAUX ET CONTINUITÉ DE FONCTIONNEMENT

Le chantier sera clos, sans co-activité, mais se déroulera alors que les activités de l'Ircam se poursuivront normalement hors de la zone à traiter.

En partenariat avec l'Ircam, l'OPPIC et son AMO (OGER International), ont défini les exigences relatives au déroulement des travaux, afin que ces derniers ne pénalisent pas les activités quotidiennes de l'Ircam. Par exemple, une attention particulière sera requise notamment sur les niveaux sonores engendrés par le chantier.

Le monte-charge restera fonctionnel pendant toute la durée du chantier et sera en partage entre l'Ircam et la MOE (calendrier à déterminer).

## ACCUEIL ET ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

### ■ Sécurité et continuité des mesures META

Le train de mesures environnementales appliqué toutes les quatre semaines montre toujours l'absence totale de fibre d'amiante dans l'air. Le cahier de mesures, disponible à la Régie bâtiment et sécurité, est systématiquement communiqué au CHSCT.

### ■ Procédure particulière.

Le périmètre relevé au titre d'espace chantier est toujours fermé conformément au code de la Santé publique. La RBS assure totalement les accès à l'Espro suivant la procédure générale et, si cas particulier, sous le protocole «amiante» d'intervention.

À ce jour, cinq collaborateurs sont formés pour une intervention sous amiante (en sus des ASI du Centre).

### ■ Prorogation de travaux et d'ouverture.

La réouverture possible avant travaux de l'Espro est toujours d'actualité et fait partie d'une négociation entre le Centre Pompidou et la préfecture de police. Appuyé par l'Ircam, la partie prorogation d'ouverture n'est malheureusement pas encore actée ou définie.

## INFORMATION

### ■ CHSCT

Les points de vigilance du programme seront systématiquement inscrits et abordés dans le cadre réglementaire des séances.

### ■ Comité de direction, Conseil d'administration

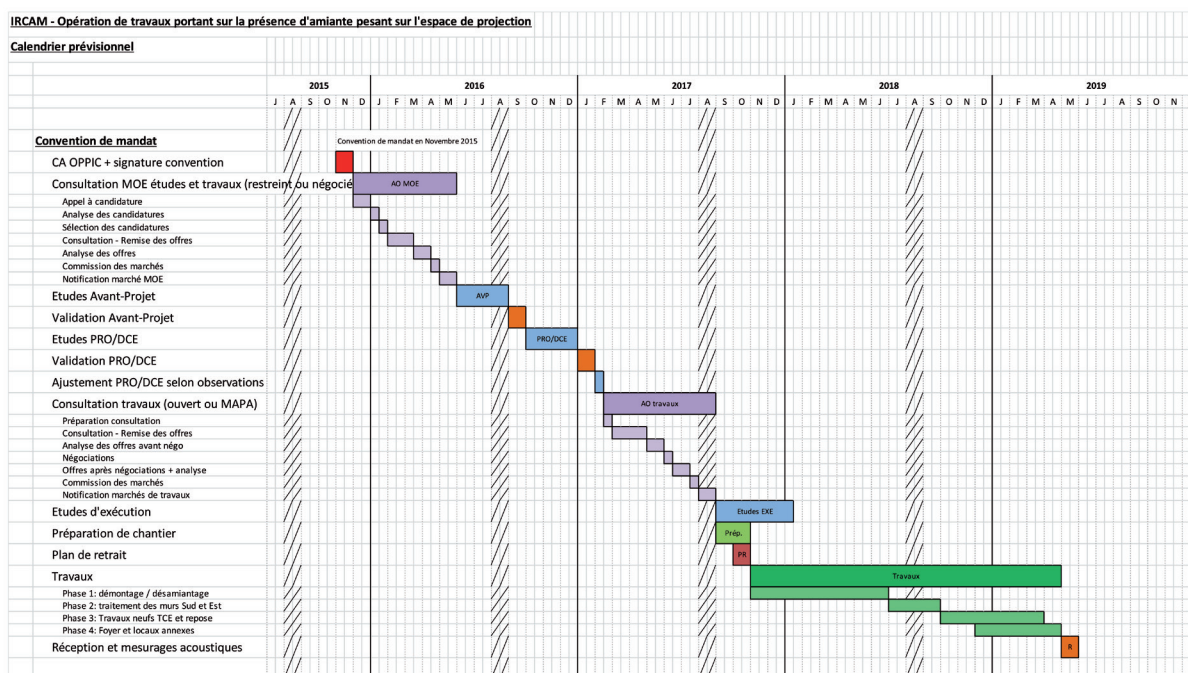
Les informations périodiques, comme le suivi d'avancement du projet assuré par le chef de projet, seront diffusées dès leurs communications par la MOA.

### ■ Information générale

Dès maintenant, une réflexion est menée dans la manière de suivre le projet (en phase travaux) par les collaborateurs de l'Ircam.

## CALENDRIER

Le calendrier de l'opération (OPPIC ind.15) a été réactualisé et validé au comité de pilotage en septembre 2015, celui-ci intégrant l'ensemble des travaux qui se dérouleront jusque fin mai 2019. La phase actuellement en cours est la consultation de la maîtrise de Maîtrise d'Œuvre ; principal marché d'études, c'est celui qui a trait à la conception architecturale et technique de l'ouvrage.





## ANNEXES

# L'ÉQUIPE IRCAM

---

## DIRECTION

Directeur : Frank Madlener  
Administrateur : Michel Muckensturm/Alain Herzog  
Olivia Despointes

## SERVICES TRANSVERSAUX

### ■ Comptabilité

Responsable : Cristina Ramos da Silva  
Aurore Hurriez

### ■ Ressources Humaines

Responsable : Alexandra Magne  
Céline Bonnier, Patricia Martins

### ■ Communication et Éditions

Responsable : Marine Nicodeau  
Mary Delacour, Alexandra Guzik, Deborah Lopatin,  
Claire Marquet, Delphine Oster, Caroline Palmier,  
Marion Deschamps, Anne Simode

### ■ Régie-Bâtiment et Sécurité

Responsable : Georges-Elie Giscard  
Bruno Belfiore, Sophie Besnard, Layachi Izem, Seare Mullai,  
Alain Nicolas, Jean-Paul Rodrigues, Chantal Vogel

## RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

### ■ Direction

Directeur département Recherche et développement :  
Hugues Vinet  
Directeur de l'UMR STMS : Gérard Assayag  
Sylvie Benoit, Martine Grospon (CNRS),  
Ghislaine Montagne, Carole Tan, Vasiliki Zachari (CNRS)

### ■ Responsables d'équipe

Acoustique instrumentale : René Caussé/  
Adrien Mamou-Mani  
Espaces acoustiques et cognitifs : Olivier Warusfel  
Perception et design sonores : Patrick Susini/  
Nicolas Misdariis  
Analyse et synthèse des sons : Axel Roebel  
Représentations musicales : Gérard Assayag  
Analyse des pratiques musicales : Nicolas Donin  
Interactions son musique mouvement : Frédéric Bevilacqua  
Valorisation scientifique et industrielle : Frederick Rousseau

### ■ Chercheurs et ingénieurs (équipes scientifiques)

Carlos Agon Amado (UPMC), Moreno Andreatta (CNRS),  
Jean-Julien Aucouturier (CNRS), Mondher Ayari (université  
de Strasbourg), Anne-Sylvie Barthel-Calvet (université de  
Lorraine), Elie-Laurent Benaroya, Mathieu Bernard,  
José Luis Besada (université Paris-1), Louis Bigo (University  
of the Basque Country), Alain Bonardi (université Paris-8),  
Joël Bensoam, Georges Bloch (université Strasbourg),  
Riccardo Borghesi, Éric Boyer (UPMC), Jean Bresson,  
Clément Cannone (CNRS), Thibaut Carpentier  
(CNRS), Tatiana Catanzaro (Université de Sao Paulo),  
Céline Chabot-Canet, Thomas Coffy, Arshia Cont,  
Jonathan Cross (University of Oxford), Frédéric Cornu,  
Gilles Degottex, David Doukhan, Gaël Dubus,  
José Echeveste, Philippe Esling (UPMC), Laurent Feneyrou  
(CNRS), Emmanuel Fléty, Jules Françoise, Jérémie Garcia,  
Jean-Louis Giavitto (CNRS), Karim Haddad, Thomas Hélie  
(CNRS), Olivier Houix, Stefan Huber, Florent Jacquemard  
(Inria), JeanPhilippe Lambert, Joseph Larralde,  
Guillaume Lemaitre, Andreas Lind (CNRS), Marco Liuni  
(CNRS), Michelle Magalhaes (UPMC), Mounira Maazaoui,  
Mikhail Malt, Enrico Marchetto, Benjamin Matuszewski,  
Rémi Mignot, Jérôme Nika, Markus Noisternig,  
Nicolas Obin (UPMC), Sean O'leary, Geoffroy Peeters,  
Kevin Perros, Robert Piéchaud, Emmanuel Ponsot  
(CNRS), Gabriel Meseguer, Charles Picasso,  
Sébastien Robaszkiewicz, David Roze (CNRS), Victor Saiz,  
Patric Schmitz, Norbert Schnell, Diemo Schwarz,  
Tsubasa Tanaka, Marine Taffou (UPMC), Vincent Tiffon  
(université Lille-3), Michael Vannier (UPMC),  
Isabelle Viaud Delmon (CNRS), Frédéric Voisin, Lying Wei,  
Adrien Ycart

### ■ Techniciens

Djellal Chalabi, David Messina, Arnaud Recher (CNRS),  
Alain Terrier

### ■ Service informatique

Responsable : Laurent Ghys/Raphaël Sallé de Chou  
Youcef Bensaïd, Benjamin Boudoir, Rémi Desmonet,  
Sébastien Fernandez, Olivier Labat, Ghislaine Montagne,  
Raphaël Raguin

### ■ Centre de Ressources Ircam

Responsable : Nicolas Donin  
Minh Dang/Guillaume Pellerin, Sandra El Fakhouri,  
Samuel Goldszmidt, Béatrice Monfort/Chloé Breillot,  
Jean-Paul Rodrigues



### ■ Doctorants

Pavlos Antoniadis, Luc Ardaillon, Pablo Arias, Baptiste Bacot, Hélène Bahu, Olivier Baudry, FlorieAnne Baugé, Mattia Bergomi, Julia Blondeau, Dimitri Bouche, Damien Bouvier, Éric Boyer, Maxime Carron, Hélianthe Caure, Alex Chechile, Withney Coyle, Leopold Crestel, Philippe Cuvillier, Charles De Paiva Santana, Ken Deguernel, José Echeveste, Antoine Falaize-Skrzek, Jules Française, Annelies Fryberger, Grégoire Genuys, Daniele Ghisi, Lise Hobeika, Stefan Huber, Vincent Isnard, Céline Jacques, Marguerite Jossic, Frédéric Le Bel, Raphaël Leiba, Nicolas Lopes, Jeanne Maisonhaute, Ugo Marchand, Namur Matos Rocha, Olivier Migliore, Lara Morciano, Hai Morgenstern, Rémy Muller, Jérôme Nika, Alessandro Olto, Clément Poncelet, Emmanuel Ponsot, Laura Rachman, Kevin Sanlaville, Maxime Sirbu, Marco Suarez Cifuentes, Pierre Talbot, Oliver Olsen Wolf, Yohan Zeitoun

## CRÉATION ARTISTIQUE

### ■ Direction Artistique

Directeur : Frank Madlener  
Responsable de la coordination artistique : Suzanne Berthy  
Natacha Moënné-Loccoz

## PÉDAGOGIE ET ACTION CULTURELLE

### ■ Direction de la Pédagogie

Directeur : Andrew Gerzso  
Murielle Ducas, Cyrielle Fiolet, Florence Grappin/  
Chloé Breillot  
Encadrement Artistique : Hèctor Parra

### ■ Réalisateurs en informatique musicale chargés de l'enseignement

Éric Daubresse, Marco Liuni, Jean Lochar, Grégoire Lorieux, Mikhail Malt

## CRÉATION ET PRODUCTION

### ■ Direction de la Production

Directeur : Cyril Béros  
Raphaël Bourdier, Agnès Fin, Anne Guyonnet, Aurélia Ongena, Clotilde Turpin

### ■ Réalisateurs en informatique musicale Production

Gregory Beller, Thomas Goepfer, Carlo Laurenzi, Serge Lemouton, Gilbert Nouno

### ■ Son

Responsable : Jérémie Henrot  
Julien Aléonard, Mélina Avenati, Jérémie Bourgogne, Sylvain Cadars  
Christophe Da Cunha/Anaëlle Marsollier

### ■ Régie générale

Responsable technique de la production : Pascale Bondu  
Frédéric Vandromme, Cyril Claverie  
Maxime Robert /Clément Netzer

### ■ Régie de salle

Éric de Gélis

### ■ Intermittents du spectacle

Martin Antiphon, Anne Becker, Gaël Barbieri, Christophe Bernard, Franck Berthoux, Lorenzo Bianchi, Quentin Bonnard, Yann Bouloiseau, Yann Cheramy, Thomas Czopp, Arnaud De La Celle, Marie Delebarre, Emile Denize, Joseph Fernandez, Thomas Gaudevin, Serge Lacourt, Alexandre Lalande, Lucie Laricq, Hervé Le Dortot, Erwan Le Métayer, Maxime Le Saux, Jean-Marc Letang William Manzoni, Clément Marie, Emmanuel Martin, Robin Meier, Benoit Meudic, Cédric Mota, Augustin Muller, Sébastien Naves, Sylvaine Nicolas, Olivier Pasquet, Julien Pittet, Sandrine Pages, Yann Philippe, Manuel Poletti, David Raphaël, Franck Rossi

## INTERFACE RECHERCHE/CRÉATION

### ■ Direction des Médiations Recherche/création

Directeur : Arshia Cont

### ■ Forum

Responsable valorisation industrielle et communautaire : Frederick Rousseau  
Karim Haddad, Emmanuel Jourdan, Stéphanie Leroy, Paola Palumbo

### Fondateur

Directeur honoraire : Pierre Boulez

# LES ŒUVRES PRÉPARÉES À L'IRCAM

## OPÉRA

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Dai Fujikura Mise en scène : Saburo Teshigawara	<i>Solaris</i>	Commande Théâtre des Champs-Élysées, Ensemble intercontemporain, Ircam	5, 7 mars 2015, Théâtre des Champs-Élysées, Ensemble intercontemporain, Dir. Matthias Pintscher	Opéra chorégraphié autour du livre de Stanislas Lem
Chaya Czernowin	<i>An Infinite Now</i>	Coproduction Flaamse Opera Antwerp and Ghent, Opéra de Mannheim	18, 20, 22, 23 avril 2017, Opéra de Gand 30 avril, 3, 5, 7 mai 2017 Opéra d'Anvers	Opéra avec électronique
Philippe Manoury Mise en scène : Nicolas Stemann	<i>Kein Licht</i>	Opéra Comique, Ircam	4, 5, 7, 8 septembre 2017, Ruhrtriennale, Ensemble Lucilin, Dir. Julien Leroy	Opéra avec électronique

## ORCHESTRE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Christopher Trapani	<i>Spinning in Infinity</i>	Commande Radio France	21 février 2015, festival Présences Maison de la Radio, Orchestre Philharmonique de Radio France, Dir. Diego Matheuz	
Philippe Hurel	<i>Tour à tour</i>	Commande Ircam et Radio France	5 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Maison de la Radio, Orchestre Philharmonique de Radio France, Dir. Jean Deroyer	Cycle orchestral en trois parties
Yan Maresz	<i>Répliques</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant, Radio France, Orchestres Philharmoniques de Strasbourg et de Helsinki	4 juin 2016, festival ManiFeste-2016, Maison de la Radio, Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Julien Leroy	Concerto pour harpe augmentée et orchestre
Franck Bedrossian	<i>Twist</i>	Commande SWR et Ircam	16 octobre 2016, festival de Donaueschingen, Orchestre de la SWR Dir. Alejo Pérez	Orchestre et électronique
Marco Stroppa	<i>Come play with me</i>	Commande SWR, Françoise et Jean-Philippe Billarant, Orchestre de Paris	16 octobre 2016, festival de Donaueschingen, Orchestre de la SWR Dir. Alejo Pérez	Concerto pour électronique et orchestre
Hèctor Parra	<i>INSCAPE</i> (titre provisoire)	Commande Orchestre National de Barcelone, Ircam, Ensemble intercon- temporain Orchestre national de Lille, Orchestre du Gürzenich de Cologne	14 mai 2018, Auditorium de Barcelone, Ensemble intercontemporain, Orchestre national de Barcelone, Dir. Kazushi Ono	Ensemble, orchestre symphonique et électronique en temps réel



## MUSIQUE ET SCÈNE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
François Verret	<i>Rhapsodie démente</i>	Production MC2 Grenoble	6 au 17 janvier 2015, MC2 Grenoble	Achèvement du Journal 14-18 hai-ku sonores, acteurs, percussion, électronique, improvisation et vidéo
Conception et mise en scène : Mathieu Bauer Musique : Sylvain Cartigny	<i>The haunting melody (La mélodie fantôme)</i>	Production Nouveau Théâtre de Montreuil - Centre dramatique national	22 janvier au 14 février 2015, Nouveau Théâtre de Montreuil	
Jérôme Combier Raphaël Cendo Chorégraphie/ danse : Alban Richard	<i>Dawnlight / Night:Light</i>	Production Théâtre d'Orléans	12, 13 mai 2015, Théâtre d'Orléans, Alban Richard, Ensemble Cairn	Musique et danse
Guy Cassiers	<i>Le sec et l'humide</i>	Production Toneelhuis. Coproduction Ircam, CENTQUATRE-Paris	30 juin, 1, 2 juillet 2015, festival ManiFeste-2015, CENTQUATRE-Paris	In Vivo Théâtre
Henry Fourès	<i>Dels dos principos</i>	Commande Ircam	30 septembre 2015, Festival Musica, Strasbourg, Jérôme Thomas, L'Instant donné	Musique de chambre et électronique, un jongleur avec capteurs embarqués
Guillaume Vincent	<i>Songes et métamorphoses</i>	Production Cie MidiMinuit	16 mars-9 avril 2016, La Colline	Transformations vocales et création sonore
Thierry De Mey	<i>Simplexity, la beauté du geste</i>	Commande d'État	20, 21, 22 mai 2016, Kunstenfestivaldesarts, Bruxelles, Solistes de l'Ensemble intercontemporain : Jérôme Comte, clarinette, Samuel Favre, Victor Hanna, percussions, Frédérique Cambreling, harpe, John Stulz, alto Peter Juhász, Victor Pérez Armero, Louise Tanoto, Ildikó Tóth, Sara Tan Siyin, danseurs	5 musiciens solistes, 5 danseurs et électronique
Ludovic Lagarde Texte : Olivier Cadot	<i>Providences</i>	Production La Comédie de Reims	3-18 novembre 2016, La Comédie de Reims, Laurent Poitreneaux, Clotilde Hesme	Transformations vocales et création sonore
Jérôme Combier Vidéo : Pierre Nouvel	<i>Campo Santo</i>	Commande d'État	14, 15 décembre 2016, Théâtre d'Orléans, Ensemble Cairn	5 musiciens, électronique et dispositif vidéo
Violetta Cruz Mise en scène : Jos Houben	<i>The light Princess</i>	Production Opéra Comique. Coproduction Ircam	17-23 mars 2017, Opéra Comique	Théâtre musical, pour 2 acteurs, 4 chanteurs solistes, 11 musiciens et électronique

## ENSEMBLE VOCAL, ENSEMBLE ET VOIX

Compositeur	Titre	Partenaire	Création	Caractéristiques
Florence Baschet	<i>The Waves</i>	Commande d'État	13 mars 2015, Maison de la Musique, Nanterre, Ensemble TM+, Dir. Laurent Cuniot	Soprano, six instruments et électronique
Stefano Gervasoni	<i>Fado errático</i>	Commande Ircam	15 mars 2015, Théâtre d'Orléans, Cristina Branco, Ensemble Cairn Dir. Guillaume Bourgogne	Fado et électronique
Edith Canat de Chizy	<i>Visio</i>	Commande d'État	9 février 2016, Maison de la Radio, festival Présences, Solistes XXI, Ensemble Multilatérale Dir. Léo Warynski	Six voix mixtes, flûte, clarinette, clarinette basse, trompette, trombone, percussions et électronique
Zad Moultaqa	<i>UM souverain moteur de toutes choses</i>	Commande Ircam, Ars Nova, Festival d'Ile-de-France	7 octobre 2016, Festival d'Ile-de-France, Ars Nova, Neue Vocalsolisten Stuttgart Dir. Philippe Nahon	Ensemble vocal et ensemble instrumental : voix de synthèse, chœur virtuel
Alberto Posadas	<i>Nouvelle œuvre</i>	Commande Ircam, festival Messiaen au pays de la Meije, Musicatreize	Juin 2017, festival ManiFeste-2017 Musicatreize Dir. Roland Hayrabedian	Ensemble vocal et électronique





## ENSEMBLE INSTRUMENTAL

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Rune Glerup	<i>Clarinet Quintet (Still leaning toward this Machine)</i>	Commande Ircam	14 mars 2015, Théâtre d'Orléans, Alain Billard, Quatuor Diotima	Clarinette, quatuor à cordes et électronique embarquée
Marc Garcia Vitoria	<i>Trencadís</i>	Commande Ircam, Contrechamps, festival Archipel	27 mars 2015, festival Archipel, Trio KDM, ensemble Contrechamps Dir. Michael Wendeborg	Orchestration et technologie
Laurent Cuniot	<i>Reverse Flows</i>	Commande d'État	13 juin 2015, festival ManiFeste-2015 Maison de la Musique, Nanterre, Geneviève Strosser alto, Ensemble TM+ Dir. Marc Desmons	Alto, ensemble et électronique
Jesper Nordin	<i>Gestural Exfor- mation</i>	Commande Ircam, Grame dans le cadre du projet ANR INEDIT avec le soutien du Statens Musikverk - Music development and heritage Sweden	13 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Maison de la Musique, Nanterre, Ensemble TM+ Dir. Marc Desmons	Ensemble et électronique
Lara Morciano	<i>Estremo d'ombra</i>	Commande Ircam et Biennale de Venise	3 octobre 2015, Biennale de Venise, Mario Caroli, flûte, Benny Sluchin, trombone, Claude Delangle, saxophone, Garth Knox, alto, Nicolas Crosse, contrebasse	Flûte, trombone, saxophone, alto, contrebasse et électronique
Olga Neuwirth	<i>Le Encantadas o le avventura nel mare delle meraviglie</i>	Commande SWR, Ensemble intercontemporain, Ircam, Wien Modern, Lucerne Festival	18 octobre 2015, festival Donaueschingen, Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Ensemble et électronique : empreinte sonore de l'église San Lorenzo à Venise [Cf. Prometeo de Nono à Venise], texte de Melville
Francesco Filidei	<i>Notturmo sulle corde vuote</i>	Commande Ircam et Philharmonie de Paris	15 janvier 2016, Biennale de quatuors à cordes, Philharmonie de Paris Cité de la musique, Quatuor Béla	Quatuor à cordes SmartInstruments et électronique
Daniele Ghisi	<i>An Experiment With Time (reloaded)</i>	Commande Ircam et Ensemble Divertimento	26 janvier 2016, Milan, Ensemble Divertimento	Version pour 6 musiciens, électronique et vidéo
Marta Gentilucci	<i>Nouvelle œuvre</i>	Commande Ircam et Ensemble Contrechamps	14 juin 2016, Genève, Ensemble Contrechamps Dir. Michael Wendeborg	Ensemble et électronique
Philippe Manoury	<i>B-Partita (in memoriam Pierre Boulez)</i>	Commande d'État	16 juin 2016, festival ManiFeste-2016, Centre Pompidou Hae-Sun Kang, ensemble Linea Dir. Jean-Philippe Wurtz	Violon, ensemble et électronique
Marco Momi	<i>Unrisen</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	27 juin 2016, festival ManiFeste-2016, Théâtre des Bouffes du Nord Mariangela Vacatello, piano, Quatuor Zaïde	Piano, quatuor à cordes et électronique embarquée
Peter Eötvös	<i>The Sirens Cycle</i>	Commande Ircam, SWR, ProQuartet-Centre européen de musique de chambre (...)	12 octobre 2016, Centre Pompidou Audrey Luna, soprano, Quatuor Calder	Soprano, quatuor à cordes et électronique
Ashley Fure	<i>Nouvelle œuvre</i>	Commande Ircam, GEMM, Théâtre d'Orléans, ProQuartet- Centre européen de musique de chambre	Printemps 2017 Quatuor Diotima	Quatuor à cordes et électronique
Mauro Lanza	<i>Nouvelle œuvre</i>	Commande Ircam, ProQuartet- Centre européen de musique de chambre. Milano Musica, Worsaw Autumn	Printemps 2017 Quatuor Diotima	Quatuor à cordes et électronique
Julia Blondeau	<i>Namenlosen</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	9 juin 2017, festival ManiFeste-2017, Cité de la musique-Philharmonie 2 Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher	Solistes, ensemble et électronique

## SOLO

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Michael Jarrell	<i>Dornröschen (Nachlese IVb)</i>		3 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Centre Pompidou, Isabelle Faust, violon	Nouvelle version pour violon et électronique du concerto pour violon et ensemble Nachlese IV
Georgia Spiropoulos	<i>Roll... n'Roll... n'Roll</i>	Commande Ircam et Radio France	10 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Centre Pompidou, Hélène Breschand, harpe	Harpe et électronique, création de la version définitive
Beat Furrer	<i>Kaleidoscopic Memories</i>	Commande Françoise et Jean-Philippe Billarant	8 juin 2016, festival ManiFeste-2016, Centre Pompidou Uli Fussenegger, contrebasse	Contrebasse et électronique
Aureliano Cattaneo	<i>Corda</i>	Commande Ircam	10 juin 2016, festival ManiFeste-2016, Cité de la musique-Philharmonie de Paris 2 Sébastien Vichard, piano	Piano préparé et électronique
Laurent Durupt	<i>61 stèles (de pierre, de bois, de silence, de souffle...)</i>	Commande Ircam	29 juin 2016, festival ManiFeste-2016, CENTQUATRE Laurent Mariusse, percussion	Percussion et électronique

## INSTALLATION SONORE – MUSIQUE ÉLECTROACOUSTIQUE – FILM ET MUSIQUE

Artistes	Titre	Partenaires	Création	Caractéristiques
Daniele Ghisi	<i>An Experiment With Time</i>	Commande Ircam, Ensemble Divertimento	2, 3 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Maison de la Poésie	Installation sonore et vidéo
Chloé	<i>Chloé X Ircam une expérience live interactive</i>	Coproduction Ircam, KTDJ, ministère de la Culture et de la communication.	21 juin 2015, festival ManiFeste-2015, Jardin du Palais-Royal	Expérience live interactive
Daniel Jeanneteau / Daniele Ghisi	<i>Mon corps parle tout seul</i>	Coproduction Ircam, Studio-Théâtre de Vitry	30 juin, 1, 2 juillet 2015, festival ManiFeste-2015,	Installation-performance in Vivo Théâtre, CENTQUATRE-Paris
Chloé (KTDJ) collectif Scale	<i>Terminal</i>	Production la Gaîté lyrique Coproduction Ircam	24 octobre 2015-31 janvier 2016, la Gaîté lyrique	Installation interactive
Jean-Luc Hervé	<i>Carré Magique</i>	Coproduction Ircam, Royaumont, La Charité, Centre Culturel de Rencontre	14 mai-15 août 2016, La Charité, Centre Culturel de Rencontre	Jardin sonore
Hyun-Hwa Cho Vidéo: Raphaël Thibault	<i>Jardin d'Eden</i>	Production Ircam	Mars 2017, Centre Pompidou	Concert immersif : performance musicale live et projection vidéo/installation

## LA SAISON PARISIENNE

Date	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
16 janvier	Philharmonie de Paris 2	Edgard Varèse Yan Maresz György Ligeti Magnus Lindberg	<i>Intégrales</i> <i>Metallics, Metal Extensions</i> <i>Concerto pour piano et orchestre</i> <i>Related Rock</i>	Ensemble intercontemporain Dir. Tito Ceccherini
22 janvier- 14 février	Nouveau Théâtre de Montreuil	Mathieu Bauer	<i>The Haunting Melody</i> <i>[La mélodie fantôme] (CM)</i>	Mathieu Bauer, Thomas Blanchard, Sylvain Cartigny, Matthias Girbig, Pauline Sikirdji, Kate Strong
21 février	Maison de la Radio	Christopher Trapani Osvaldo Golijov Esteban Benzecry	<i>Spinning in Infinity (CM)</i> <i>Nazareno (CF)</i> <i>Rituales Amerindios (CF)</i>	Katia et Marielle Labèque, pianos, Gonzalo Grau, Raphaël Seguinier, percussions Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Diego Matheuz
5, 7 mars	Théâtre des Champs-Élysées	Dai Fujikura / Saburo Teshigawara	<i>Solaris</i> Opéra en quatre actes (CM)	Sarah Tynan (Hari), Leigh Melrose (Kris Kelvin), Tom Randle (Snaut), Callum Thorpe (Gibarian), Marcus Farnsworth (Kelvin), Saburo Teshigawara, Rihoko Sato, Václav Kuneš (danse) avec la participation de Nicolas Le Riche Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
13 mars	Maison de la Musique de Nanterre	Heinz Holliger Johannes Brahms György Kurtag Florence Baschet Béla Bartók Robert Schumann	<i>t(air)e</i> <i>Intermezzi</i> <i>Hommage à Schumann</i> <i>The Waves (CM)</i> <i>Musiques nocturnes</i> <i>Märchenerzählungen, op.132</i>	Ensemble TM+ Dir. Laurent Cuniot
21 mars	Philharmonie de Paris 2	Maurice Ravel/ Pierre Boulez Benjamin Attahir Olga Neuwirth Christophe Bertrand Luigi Nono  Die Hochstapler Enno Poppe Pierre Boulez	<i>Frontispice</i>  <i>Takdima (CM)</i> <i>torsion : transparent variation</i> <i>Scales</i> <i>A Pierre. Dell'azzurro silenzio, inquietum à più cori</i> session de free jazz <i>Zug</i> <i>... explosante-fixe...</i>	Die Hochstapler Jazz Quartet, Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
2 avril	Centre Pompidou	Preston Beebe Jonathan Bell Daniel Cabanzo  Remmy Canedo Caspar de Gelmini Frédéric Le Bel Aurélien Marion-Gallois Emanuele Palumbo Dionysios Papanicolaou Alessandro Ratoci Naoki Sakata	<i>intakes (CM)</i> <i>Archipel (CM)</i> <i>(Marginal situations) Hidden lines in</i> <i>Electrical dimensions (CM)</i> <i>Multiverse (CM)</i> <i>Leipzig Noir 1914 (CM)</i> <i>25:17 (CM)</i> <i>éi12s (CM)</i> <i>Corps-sans-Organe (CM)</i> <i>dèle mo(t)s d'elle d'aile (CM)</i> <i>Rima Flow (CM)</i> <i>Phytolith I (CM)</i>	Raquel Paños Castillo, saxophone Éloïse Labaume, harpe  Jean-Étienne Sotty, accordéon Ugo Clédat, clarinette basse Rafal Zolkos, flûte Cameron Crozma, violoncelle Vladimir Percŭviŭ, alto Joséphine Besançon, clarinette basse Kei Tojo, alto Jean-Baptiste Renaud, tuba Nicolas Arsenijevic, saxophone
21 octobre	Philharmonie de Paris 2	Olga Neuwirth	<i>Le Encantadas o le avventure nel</i> <i>mare delle meraviglie (CM)</i>	Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
24 octobre- 31 janvier	Gaîté lyrique	Chloé (KTDJ) collectif Scale	<i>Terminal (CM)</i>	Installation interactive
24 novembre	Gaîté lyrique	Assimilation Process Marco Donnarumma Alex Augier Holly Herndon	<i>Music for flesh II</i> <i>N[order]ISE</i>	
1-31 décembre	Opéra de Paris/ Garnier	György Ligeti Christopher Wheeldon Wayne Mc Gregor Pierre Boulez Pina Bausch Igor Stravinsky	<i>Polyphonia</i>  <i>Alea Sands (CM)</i>  <i>Le Sacre du Printemps</i>	Chorégraphie sur Pièces pour piano  Création chorégraphique sur Anthèmes 2



# MANIFESTE 2015

Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
02-03 juin	Maison de la poésie	Daniele Ghisi	<i>An Experiment With Time (CM)</i>	Installation sonore et vidéo
2-juin	Philharmonie de Paris 1	Bernd Alois Zimmermann	<i>Photopsis</i> <i>Requiem pour un jeune poète</i>	Marisol Montalvo soprano Leigh Melrose baryton Peter Schröder, Nico Holonics récitants Orchestre symphonique de la Radio de Stuttgart Les Cris de Paris Chœur de chambre Les Eléments Chœur de l'Armée française Élèves du département Jazz et Musique improvisées du Conservatoire national supérieur de Musique de Paris Dir. Michel Tabachnik Chefs de chœur : Geoffroy Jourdain, Joël Suhubiette, Aurore Tillac
3-juin	Centre Pompidou	George Benjamin Johann Georg Pisendel  Michael Jarrell Béla Bartók Heinz Holliger  Heinrich Ignaz Franz Biber	<i>Trois miniatures pour violon solo</i> <i>Sonate en la mineur pour violon solo</i> <i>Dornröschen (Nachlese IVb) (CM)</i> <i>Passacaglia</i> <i>Drei kleine Szenen für Violine solo: Ciaconina, Geisterklopfen, Musette funèbre (CF)</i> <i>Passacaglia (Mystery Sonata)</i>	Isabelle Faust, violon
4-5 juin	Nouveau Théâtre de Montreuil	François Verret	<i>Rhapsodie démente (Création 2015)</i>	Jean-Pierre Drouet, Charline Grand, Natacha Kouznetsova, Germana Civera, Jean-Christophe Paré, Chiharu Mamiya, Marc Sens, François Verret Mise en scène : François Verret Scénographie : Vincent Gadras Musique : Jean-Pierre Drouet, Marc Sens
5-juin	Maison de la radio	Philippe Hurel	<i>Tour à tour (CM)</i>	Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Jean Deroyer
6-juin	Place Stravinsky	Steve Reich Daniel Ciampolini Iannis Xenakis	<i>Clapping music</i> <i>Du sable, de l'air et de l'eau (CM)</i> <i>Psappha</i>	Daniel Ciampolini, percussion
6-juin	Centre Pompidou	Stefano Gervasoni	<i>Fado Errático (CM)</i>	Cristina Branco, fado Ensemble Cairn Dir. Guillaume Bourgogne
10-juin	Centre Pompidou	Georgia Spiropoulos	<i>Membranes (CM)</i> <i>Roll...n'Roll...n'Roll (CM)</i> <i>Les Bacchantes</i>	Médéric Collignon, voix, Hélène Breschand, harpe, Ars Nova ensemble instrumental
11-juin	Philharmonie de Paris 1	Michael Jarrell Helmut Lachenmann Pierre Boulez	<i>Assonance VII</i> <i>Mouvement (-vor der Erstarrung)</i> <i>Répons</i>	Victor Hanna, percussion Mihai Trestian, cymbalum Samuel Favre, vibraphone Gilles Durot, xylophone Hidéki Nagano, Sébastien Vichard, pianos Frédérique Cambreling, harpe Ensemble intercontemporain Dir. Matthias Pintscher
12-17 juin	Athénée Théâtre Louis-Jouvet	Michaël Levinas	<i>La Métamorphose</i> (Création nouvelle version)	Opéra d'après la nouvelle de Franz Kafka Dir. Musicale : Maxime Pascal Mise en scène, vidéo : Nieto
13-juin	Maison de la musique de Nanterre	Ivan Fedete Laurent Cuniot Jesper Nordin	<i>Immagini da Escher</i> <i>Reverse Flows (CM)</i> <i>Sculpting the air (CM)</i>	Geneviève Strosser, alto Ensemble TM+ Dir. Marc Desmons



Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
15-juin	Théâtre des Bouffes du Nord	Rune Glerup Stefano Gervasoni Ivan Fedele Béla Bartók	<i>Clarinet Quintet (Still leaning toward this Machine)</i> <i>Clamour, troisième quatuor à cordes</i>  <i>Pentalogon quartet</i> <i>Quatuor à cordes n°5</i>	Alain Billard, clarinette Quatuor Diotima
17-juin	Centre Pompidou	Michael Jarrell Marc Garcia Vitoria Roberto Gerhard	<i>Congruences</i> <i>Trencadís</i> <i>Leo</i>	Sébastien Jacot, flûte Béatrice Zadwodnik, hautbois Trio K/D/M, Ensemble Contrechamps Dir. Michael Wendeborg
18-20 juin	Nouveau Théâtre de Montreuil	Benjamin Dupé	<i>Il se trouve que les oreilles n'ont pas de paupières</i>	Pierre Baux, comédien Quatuor Tana
19-juin	CDC Atelier de Paris-Caroline Carlson	Jérôme Combier Raphaël Cendo	<i>dawnlight</i> <i>Night:Light</i>	Ensemble Cairn Alban Richard, chorégraphie-interprétation
20-juin	Centre Pompidou	Philippe Hurel Francesca Verunelli Alberto Posadas Carlos de Castellarnau	<i>Trait d'union</i> <i>D'un trait</i> <i>Cinemaolio (CM)</i> <i>Tres pinturas imaginarias (CM)</i> <i>Antropofauna (Hommage à M. Millares) création Coursus 2 (CM)</i>	Alexandra Greffin-Klein, violon Alexis Descharmes, violoncelle Ensemble Court-circuit Dir. Jean Deroyer
21-juin	Jardin du Palais Royal	DJ Chloé	<i>une expérience live interactive</i> <i>Chloé X Ircam</i>	Équipe de recherche Ircam (Interaction son-musique-mouvement) Norbert Schnell, Sébastien Robaszkiewicz, Jean-Philippe Lambert, Benjamin Matuszewski
27-juin	CENTQUATRE #ACADÉMIE Concert des ateliers de composition pour ensemble dirigé, soliste et électronique	Artur Akshelyan Alessandro Anatrini Helga Arias Parra Utku Asuroglu Katherine Balch Gonzalo Joaquin Bustos Alberto Carretero Igor Santos Zach Scheets Adrien Trybucki	<i>Parallel Lives (CM)</i> <i>Forbite fantascienze (CM)</i> <i>Bell from Hell (CM)</i> <i>Capitaine Nemo (CM)</i> <i>New Geometry (CM)</i> <i>Carnaval (CM)</i> <i>Imaginaire (CM)</i> <i>two/two - sleep/waking (CM)</i> <i>Encircling the crafted lights (CM)</i> <i>Magma (CM)</i>	Paul Riveaux, contrebasson Matthias Champon, trompette Frédérique Cambreling, harpe Eric-Maria Couturier, violoncelle Ensemble intercontemporain Dir. Lucas Vis Encadrement pédagogique Ircam : Ivan Fedele, Michael Jarrell (compositeurs), Emmanuel Jourdan, Marco Liuni (réalisateurs en informatique musicale)
29-30 juin	Maison de la Radio #ACADÉMIE Sessions de lecture pour grand orchestre	Maurizio Azzan Patrick Brennan Juan de Dios Magdaleno Alessandro Ratoci Yûta Bandoh Sivan Eldar Neil Smith	<i>Palimpsest</i> <i>Cycling</i> <i>Die Bewegung der Zeit</i> <i>Après la bataille...</i> <i>Melodie Maker</i> <i>Mutable Music III</i> <i>Pulse Grammar</i>	Orchestre Philharmonique de Radio France Dir. Pierre-André Valade Encadrement pédagogique Ircam : Michaël Levinas, Yan Maresz (compositeurs)
29-juin	Mairie du 4e arrondissement de Paris #ACADÉMIE Concerts de fin de session de quatuors à cordes et de l'atelier réalisation informatique musicale	György Ligeti Marco Stroppa Witold Lutostawski Philippe Manoury	<i>Métamorphoses nocturnes, quatuor à cordes n°1</i> <i>Spirali</i> <i>Quatuor à cordes</i> <i>Tensio</i>	Quatuors stagiaires Lutostawski Quartet (Bartosz Woroch, Marcin Markowicz, Artur Rozmystowicz, Jan Skopowski), Quartetto Maurice (Georgia Privitera, Laura Bertolino, Francesco Vernerio, Aline Privitera) Réalisateur en informatique musicale stagiaires: Remmy Canedo, Frédéric Le Bel, Clara Olivares, Dionysios Papanicolaou, Jacques Warnier Encadrement pédagogique Ircam : Carlo Laurenzi, Grégoire Lorieux Encadrement pédagogique ProQuartet : Franck Chevalier, Josef Klusoň
30-juin-2 juillet	CENTQUATRE #ACADÉMIE In Vivo Théâtre	Daniel Jeanneteau- Daniele Ghisi	<i>Mon corps parle tout seul (CM)</i>	Mise en scène : Daniel Jeanneteau Musique : Daniele Ghisi



Dates	Lieu	Artistes	Titre	Interprètes
30-juin- 2 juillet	CENTQUATRE #ACADÉMIE In Vivo Théâtre	Guy Cassiers	<i>Le sec et l'humide</i> (CM)	Filip Jordens, jeu, Johan Leysen, voix Mise en scène : Guy Cassiers
1-juil	Centre Pompidou #ACADÉMIE In Vivo Electro	Méryll Ampe Alex Augier Daniel Cabanzo Kevin Gironnay	<i>El caballo de C</i> (CM) <i>N[noise]CTURN</i> (CM) <i>Electrical Permutations</i> (CM) <i>Quasiment</i> (CM)	Encadrement pédagogique Ircam : Christian Rizzo (scénographe), Scanner (artiste sonore), Caty Olive (créatrice lumières), Thomas Goepfer, Jean Lochard (réa- lisateurs en informatique musicale)
2-juil	CENTQUATRE #ACADÉMIE Concert de la master class d'interprétation	Sascha Dragičević Ivan Fedele Sergej Maingardt	<i>Iza Praga</i> (CM) <i>Pulse &amp; Light</i> (CF) <i>Black</i> (CM)	Internationale Ensemble Modern Akademie Dir Gregor A. Mayrhofer
2-juil	CENTQUATRE #ACADÉMIE Concert de la master class d'interprétation et de l'atelier d'orchest- ration	Orchestrations Maurizio Azzan Patrick Brennan Alessandro Ratoci Sivan Eldar  Emmanuel Nunes Unsub Chin Michael Jarrell Ivan Fedele	<i>Inizio di movimento de N. Castiglioni</i> <i>Wasserklavier de L. Berio</i> <i>Étude n° 6 (Automne à Varsovie)</i> <i>Étude n° 13 (L'escalier du diable)</i> <i>de G. Ligeti</i>  <i>Omens II</i> <i>Akrostichon Wortspiel</i> <i>Nachlese Vb (CF)</i> <i>Richiamo</i>	Raquel Camarinha, soprano Internationale Ensemble Modern Akademie Elèves du Conservatoire national supérieur de musique et de danse de Paris Dir. Emilio Pomàrico Encadrement pédagogique Conser- vatoire national supérieur de musique et de danse de Paris : Jens McManama Encadrement pédagogique Ircam : Michaël Levinas, Yan Maresz (compositeurs), Éric Daubresse, Serge Lemouton (réalisateurs en informatique musicale)

## LES TOURNÉES

Artistes	Titre	Dates	Description
François Verret	<i>Rhapsodie démente</i>	6-17 janvier, MC2 Grenoble 21, 22 et 23 janvier, Pôle Sud, Strasbourg 27 au 31 janvier, TNB, Théâtre National de Bretagne, Rennes 14 février, Manège de Reims 10 et 11 mars, Maison de la Culture d'Amiens 17 et 18 mars, L'Apostrophe, Scène nationale Cergy-Pontoise 20 mars, Centre Culturel de Taverny 27 mars, Espace Germinal à Fosses	création reprise reprise reprise reprise reprise reprise
Fr. Verrières/G. Vincent	<i>Mimi</i> , <i>Scènes de la vie de bohème</i>	7, 8, 9 janvier, Zagreb 14, 15 janvier, Reims 19, 20, 21 janvier, Arras 24 janvier, Le Blanc-Mesnil 29, 30 janvier, Tarbes 3, 4 février, Compiègne 8 février, Meaux 13, 14 février, Aix-en-Provence	reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise reprise
Benjamin Dupé	<i>Il se trouve que les oreilles n'ont pas de paupières</i>	20 février, La Passerelle, scène nationale de Gap 5 mai, Festival Les Musiques Gmem, La Criée, Marseille 20 octobre, Gradignan 26 novembre-3 décembre, Nouveau Théâtre de Montreuil	reprise reprise reprise
Tania Mouraud	<i>AD NAUSEAM</i>	4 mars au 5 octobre, Centre Pompidou-Metz	reprise
Sébastien Rivas	<i>Aliados</i>	5, 6 mars, Théâtre de Caen 13, 14, 15, 17, 18 mars, Opéra de Nancy 25 mars, Théâtre de Nîmes	reprise reprise reprise
Michaël Levinas	<i>Les désinences</i>  <i>La Métamorphose</i>	13 mars, Scène nationale d'Orléans 11 avril, Opéra de Lille 25 septembre, Festival Musica, Strasbourg 4 décembre, Théâtre de Colombes	reprise reprise reprise reprise
Rune Glerup	<i>Clarinet Quintet</i> <i>(Still leaning toward this Machine)</i>	14 mars, Scène nationale d'Orléans 12,13 juillet, Hindsgavl festival, Danemark	création reprise
Stefano Gervasoni	<i>Fado errático</i>	15 mars, Scène nationale d'Orléans	création
Georges Aperghis	<i>Luna Park</i> <i>Machinations</i>	21 mars, Salzbourg 9, 10 octobre, Biennale de Venise	reprise reprise
Chaya Czernowin	<i>HIDDEN</i>	24 mars, Berliner Festspiele	reprise
Dai Fujikura	<i>Solaris</i>	24, 26, 28 mars, Opéra de Lille 24, 26 avril, Opéra de Lausanne	reprise reprise
Daniel Jeanneteau	<i>Les Aveugles</i>	26 mars-5 avril, Théâtre des Quartiers d'Ivry, Ivry-sur-Seine	reprise
Luca Francesconi	<i>Quartett</i>	25 avril, 2, 10, 19 mai, Malmö 16, 19, 21, 23 juin, Buenos Aires	reprise reprise
Marc Garcia Vitoria	<i>Trencadís</i>	27 mars, Festival Archipel, Genève	création



Artistes	Titre	Dates	Description
Michael Jarrell	<i>Congruences</i>	27 mars, Festival Archipel, Genève	reprise
	<i>Rhizomes</i>	26 mai, Philharmonie de Saint Petersburg, festival Remusik	reprise
Pierre Boulez	<i>Anthèmes 2</i>	29 mars, Festtage 2015, Berlin	reprise
		5 novembre, Buenos Aires	reprise
	<i>Répons</i>	14 juin, Holland festival, Amsterdam	reprise
		15 août, festival de Salzbourg	reprise
Jérôme Combier Raphaël Cendo Alban Richard	<i>Dawnlight / Night:Light</i>	12, 13 mai, Scène nationale d'Orléans	création
Philippe Manoury	<i>Tensio</i>	16 mai, Festival MEN, Wroclaw	reprise
Ivan Fedele	<i>Richiamo</i>	6 juin, MC2 Grenoble	reprise
Philippe Leroux	<i>Quid sit musicus?</i>	4 juillet, flâneries musicales, Reims	reprise
Daniele Ghisi	<i>An Experiment With Time</i>	13-17 septembre, festival FLAME, Florence	reprise
		18 septembre, Klaipėda, Lituanie	reprise
		12, 13 décembre, Milan	reprise
Yann Robin	<i>Inferno</i>	18 septembre, Festival Musica, Strasbourg	création nouvelle version
Philippe Schoeller	<i>J'accuse</i>	20 septembre, Festival Musica, Strasbourg	reprise
Henry Fourès	<i>Dels dos principis</i>	30 septembre, Festival Musica, Strasbourg	création
Francisco Alvarado	<i>Karukinka</i>	2 octobre, Festival Musica, Strasbourg	création Cursus 2
		3 octobre, Saison TNS, Strasbourg	
Mayu Hirano	<i>Singularité</i>	2 octobre, Festival Musica, Strasbourg	création Cursus 2
		3 octobre, Saison TNS, Strasbourg	
Andrea Mancianti	<i>Apophenia</i>	2 octobre, Festival Musica, Strasbourg	création
		3 octobre, Saison TNS, Strasbourg	
Lara Morciano	<i>Estremo d'ombra</i>	3 octobre, Biennale de Venise	création
Olga Neuwirth	<i>Le Encantadas o le avventure nel mare delle meraviglie</i>	18 octobre, festival de Donaueschingen	création
Alexander Lunsqui	<i>Tempo irreal</i>	4 novembre, Buenos Aires	reprise
Tatiana Catanzaro	<i>Intarsia</i>	4 novembre, Buenos Aires	reprise
Robert H. Platz	<i>Closed Loop</i>	4 novembre, Buenos Aires	reprise
Jérôme Combier	<i>Dawnlight</i>	4 novembre, Buenos Aires	reprise
Guy Cassiers	<i>Le sec et l'humide</i>	18 octobre, Gironne	reprise



# LES SÉMINAIRES RECHERCHE ET TECHNOLOGIE

---

## ■ mercredi 7 janvier

Maxime Carron, Nicolas Misdariis, Patrick Susini, de l'équipe Perception et design sonores  
« Des mots et des sons pour communiquer lors d'un projet de design sonore »

## ■ mercredi 14 janvier

Tsubasa Tanaka de l'équipe Représentations musicales  
« Musical Vocabulary Analysis and Global Structure Planning Based on Integer Programming »

## ■ mercredi 21 janvier

Hélène Bahu, Thibaut Carpentier, Markus Noisternig, Olivier Warusfel, de l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs  
« Le projet BiLi - l'écoute spatialisée au casque »

## ■ mercredi 4 février

Michelle Agnès Magalhaes de l'équipe Analyse des pratiques musicales  
« Écritures du geste dans la musique d'aujourd'hui »

## ■ mercredi 11 février

Luc Ardaillon, Gilles Degottex et Axel Roebel, de l'équipe Analyse et synthèse des sons  
« Le projet ChaNTeR : synthèse et transformation expressive de la voix chantée »

## ■ mercredi 18 février

Clément Poncelet, équipe Représentations musicales, projet MuTant  
« Des tests basés sur partition mixte »

## ■ mardi 24 mars

Nicolás Schmidt, de l'équipe Représentations musicales projet MuTant  
« First Steps towards embedding Real-time Audio Computing in Antescofo »

## ■ mercredi 25 mars

Emmanuel Ponsot, de l'équipe Perception et design sonores  
« Caractérisation d'un processus auditif non-linéaire : complémentarité des approches psychophysiques traditionnelles et moléculaires »

## ■ mercredi 6 mai

Hai Morgenstern et Markus Noisternig, de l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs  
« Spatial analysis of sound fields in rooms using spherical MIMO systems »

## ■ mercredi 13 mai

Jean-Julien Aucouturier (PDS), Clément Canonne (université de Bourgogne, Dijon)  
« La musique peut-elle communiquer des intentions sociales ? Une étude d'un nouveau corpus de duos improvisés »

## ■ mercredi 27 mai

Jérôme Nika, de l'équipe Représentations musicales  
« Composer/guider l'improvisation à l'aide d'un scénario temporel »

## ■ mercredi 22 décembre

Samuel Goldszmidt, Benjamin Matuszewski et Norbert Schnell  
« Résultats du Projet ANR WAVE (Web Audio Visualisation/ Edition) »

# LES SÉMINAIRES INVITÉS RECHERCHE ET TECHNOLOGIE

---

## ■ jeudi 15 janvier

Johanna C. Devaney, Université de l'Ohio  
« Tuning In: Analyzing Recorded Vocal Performances »

## ■ vendredi 30 janvier

Alexander Lindau, invité par l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs  
« Binaural Technology: Method or Subject of Perceptual Audio Research? »

## ■ mercredi 4 mars

Stefan Bilbao, de l'Université d'Edimbourg, invité par la direction R&D  
« NESS : Synthèse Sonore par Modèles Physiques à Grande Échelle »

## ■ mercredi 1er avril

Thierry Coduys, Guillaume Jacquemin et Éric Raynaud, invités par l'équipe Espaces acoustiques et cognitifs  
« IanniX »

## ■ mercredi 8 avril

Baptiste Chomette, enseignant-chercheur à l'Institut d'Alembert à l'UPMC, invité par l'équipe Acoustique instrumentale  
« Quelques méthodes d'identification »

## ■ jeudi 7 mai

Sébastien Stober, Brain and Mind Institute de l'Université de Western Ontario au Canada, invité par l'équipe-projet CREAM, son travail sur l'EEG et la musique  
« Decoding EEG of Music Perception and Imagination »

## ■ mercredi 12 mai

Bruno Giordano, Marie Curie Fellow – University of Glasgow, invité par l'équipe Perception et design sonores  
« The perceptual and cerebral processing of natural sounds »

## ■ mercredi 20 mai

Rebecca Fiebrink, Goldsmiths London University, invitée par l'équipe Interaction son musique mouvement  
« Interactive Machine Learning as Musical Design Tool »

## ■ jeudi 21 mai

Patrick Pérez, Alexey Ozerov and Ngoc Duong, Technicolor, invités par l'équipe Analyse et synthèse du son  
« Research in Technicolor for audio-visual post-production »

## ■ mercredi 27 mai

Jovino Santos Neto, dans le cadre des séminaires de l'EHESS de Marc Chemillier, invité par l'équipe Représentations musicales  
« Regards comparés sur le jazz et la musique brésilienne »

## ■ mercredi 3 juin

« Les Projets PSTL 2015 à l'Ircam »  
Dans l'équipe Représentations musicales, sous la tutelle de Carlos Agon, des étudiants du Master 1 en informatique de l'UPMC pour la réalisation d'un projet autour des rapports entre informatique et musique. Les sujets présentés dans ce séminaire sont :

1. « HTML5 et représentation rythmique »  
Majd Bayassi et Walid Zeghdaoui
2. « Pagination de partition »  
Samuel Bell-Bell
3. « Application Android de studio d'enregistrement »  
Nicolas Telera et Benjamin Le Nestour
4. « ChessMusic : musicalisation d'une partie d'échecs »  
Clément George et Clément Bonnefoy
5. « Générateur de partitions de batterie acoustique »  
Jean-Baptiste Amphoux et Mickael Tabosa

## ■ mercredi 1er juillet

Stefano Fasciani, chercheur à la Nanyang Technological University de Singapour, invité par l'équipe Interactions son musique mouvement  
« Unsupervised Mapping Techniques for Customized Sonic Interaction »

## ■ mercredi 22 juillet

Pascal Belin Professeur d'université et responsable de l'équipe « Bases de Neurales de la Communication » de l'Institut des neurosciences de la timone (INT) à Marseille, invité par l'équipe PDS  
« A Vocal Brain: Cerebral Processing of Voice Information »

**■ lundi 3 août**

Tetsuro Kitahara, Takuya Kurihara, and Satoru Fukayama, invités par l'équipe Représentations musicales,

1. «A loop sequencer that Selects Music Loops Based on the Degree of Excitement»  
Tetsuro Kitahara, Kosuke Iijima, Misaki Okada, Yuji Yamashita and Ayaka Tsuruoka
2. «A Tambourine Support System to Improve the Atmosphere of Karaoke»  
Takuya Kurihara, Naohiro Kinoshita, Ryunosuke Yamaguchi and Tetsuro Kitahara
3. «Music Content Driven Automated Choreography with Beat-wise Motion Connectivity Constraints»  
Satoru Fukayama and Masataka Goto

**■ jeudi 1er octobre**

Xavier Serra, invité par l'équipe Analyse et synthèse des sons

«Music Information Retrieval from a Multicultural Perspective»

**■ mardi 8 décembre**

Pascal Belin (Institut des Neurosciences de la Timone, Marseille) invité par l'équipe Perception et design sonores  
«A Vocal Brain: Cerebral Processing of Voice Information»

**■ mercredi 9 décembre**

Benjamin Élie, post doctorat au LORIA, invité par l'équipe Analyse et synthèse des sons  
«Synthèse articulatoire: approche globale et synthèse par copie»

**■ mercredi 13 décembre**

Guillaume Dumas (institut Pasteur, Paris) invité par l'équipe Perception et design sonores  
«Operationalizing Social Neuroscience through Human-Human and Human-Machine Interactions»

## LES SOUTENANCES

---

### SOUTENANCE D'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES

#### ■ jeudi 12 février

Mikhail Malt a soutenu le 4 février dernier son mémoire d'habilitation à diriger des recherches à Strasbourg et le présente dans le séminaire :

«La représentation dans le cadre de la composition et de la musicologie assistées par ordinateur, de la raison graphique à la contrainte cognitive»

### SOUTENANCES DE THÈSES

#### ■ mercredi 18 mars

Jules Françoise, en anglais, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Interaction son musique mouvement

«Motion-Sound Mapping by Demonstration»

#### ■ vendredi 3 avril

Samuel Moulin, thèse de doctorat, réalisée à Orange Labs & École Normale Supérieure – Laboratoire des Systèmes Perceptifs

«Quel son spatialisé pour la vidéo 3D ? Influence d'un rendu Wave Field Synthesis sur l'expérience audio-visuelle 3D»

#### ■ lundi 11 mai

Éric Boyer, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Interaction son musique mouvement

«Auditory Feedback for Sensorimotor Learning»

#### ■ vendredi 22 mai

José Echeveste, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Représentations musicales – projet MuTant  
«Un langage de programmation pour composer l'interaction musicale»

La gestion du temps et des événements dans Antescofo

#### ■ vendredi 15 juillet

Wei-Hsiang Liao, thèse de doctorat, réalisée au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons

«Modelling and Transformation of Sound Textures and Environmental Sounds»

#### ■ vendredi 11 septembre

Stefan Huber, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons

«Voice Conversion by modelling and transformation of extended voice characteristics»

(Conversion de l'identité de la voix par modélisation et transformation de caractéristiques étendues de la voix)

#### ■ mercredi 23 septembre

Florie-Anne Bauge, thèse de doctorat, réalisée en cotutelle au sein de l'équipe Acoustique instrumentale à l'Ircam, et au département Recherche de Dassault Systèmes

«Approche géométrique multi-symplectique pour la synthèse sonore par modèles physiques dans les environnements virtuels 3D interactifs»

#### ■ mercredi 30 septembre

Henrik Hahn, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Analyse et synthèse des sons

«A method for imitative sound synthesis applicable to most quasi-harmonic instruments»

(Synthèse et transformation des sons basés sur des modèles de type source-filtre étendu pour les instruments de musique)

#### ■ jeudi 10 décembre

Mattia Bergomi, thèse de doctorat, réalisée en cotutelle au sein de l'équipe Représentations musicales à l'Ircam avec l'Université degli Studi di Milano

«Dynamical and Topological Tools for (Modern) Music Analysis»

#### ■ lundi 14 décembre

Emmanuel Ponsot, thèse de doctorat, réalisée à l'Ircam au sein de l'équipe Perception et design sonores

«Global loudness processing of time-varying sounds»

# LES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

## COMMUNICATION INTER ÉQUIPES

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Aucouturier, J.-J., Fujita, M., Sumikura, H. «Experiential response and intention to purchase in the co-creative consumption of music: the Nine Inch Nails experiment», *Journal of Consumer Behaviour*, 2015 vol.-, n°0, pp.- [aucouturier:hal-01107164] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01107164>
- Canonne, C., Aucouturier, J.-J. «Play together, think alike: Shared mental models in expert music improvisers», *Psychology of Music*, 2015 [canonne:hal-01253450] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01253450>
- Fréour, V., Lopes, N., Hélie, T., Caussé, R., Scavone, G. P., «In-vitro and numerical investigations of the influence of a vocal-tract resonance on lip auto-oscillations in trombone performance», *Acta acustica united with Acustica*, 101(2):256269, 2015, [hal-id: en cours d'attribution]

### ■ Conférences invitées

- Caussé, R., Noisternig, M., Warusfel, O. «Sound radiation properties of musical instruments and their importance for performance spaces, room acoustics measurements or simulations, and three-dimensional audio applications», *ASA meeting*, 2015, [causse:hal-01253718] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01253718>
- Vinet, H., «(Some) Trends for Future Musical Research», keynote, *International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR'15)*, 15 juin 2015
- Vinet H. «IRCAM as Innovator in Broad Economic Areas», *STARTS Symposium Brussels*, 22 Juin 2015
- Vinet H. «Recherches en son/ musique, Panorama des enjeux pour l'innovation», *BeTheFutureOfSound*, 19 novembre 2015

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Bresson, J., Bouche, D., Garcia, J., Carpentier, T., Jacquemard, F., MacCallum, J., Schwarz, D. «Projet EFFICACE: Développements et perspectives en composition assistée par ordinateur», *Journées d'Informatique Musicale*, 2015, [bresson:hal-01142022] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01142022>
- Garcia, J., Bresson, J., Schumacher, M., Carpentier, T., Favory, X. «Tools and Applications for Interactive-Algorithmic Control of Sound Spatialization in OpenMusic», in *SONIC2015, Aesthetics of Spatial*

*Audio in Sound, Music and Sound Art*, 2015, [garcia:hal-01226263] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01226263>

Garcia, J., Bresson, J., Carpentier, T. «Towards Interactive Authoring Tools for Composing Spatialization», *IEEE 10th Symposium on 3D User Interfaces*, 2015, [garcia:hal-01108709] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01108709>

Gong, R., Cuvillier, P., Obin, N., Cont, A. «Real-Time Audio-to-Score Alignment of Singing Voice Based on Melody and Lyric Information», *Interspeech*, 2015, [gong:hal-01164550] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01164550>

Saiz, V., Matuszewski, B., Goldszmidt, S. «Audio oriented UI components for the web platform», *WAC [Web Audio Conference]*, 2015, [saiz:hal-01256945] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01256945>

Sanlaville, K., Assayag, G., Bevilacqua, F., Pelachaud, C. «Emergence of synchrony in an Adaptive Interaction Model», *Intelligent Virtual Agents 2015 Doctoral Consortium*, 2015, [sanlaville:hal-01164604] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01164604>

Schnell, N., Saiz, V., Barkati, K., Goldszmidt, S. «Of Time Engines and Masters: An API for Scheduling and Synchronizing the Generation and Playback of Event Sequences and Media Streams for the Web Audio API», *WAC [Web Audio Conference]*, 2015, [schnell:hal-01256952] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01256952>

Schwarz, D., O'leary, S. «Smooth Granular Sound Texture Synthesis by Control of Timbral Similarity», *Sound and Music Computing (SMC)*, 2015, [schwarz:hal-01182793] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01182793>

## ÉQUIPE ACOUSTIQUE INSTRUMENTALE

### ■ Articles dans des revues à comité de lecture

- Benacchio, S., Chomette, B., Mamou-Mani, A., Finel, V. «Mode tuning of a simplified string instrument using time-dimensionless state-derivative control», *Journal of Sound and Vibration*, 2015 [benacchio:hal-01253682] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01253682>
- Benacchio, S., Chomette, B., Mamou-Mani, A., Ollivier, F. «Modal PD state active control applied to a simplified string instrument», *Journal of Vibration and Control*, 2015 [benacchio:hal-01253676] <https://hal.archives-ouvertes.fr/01253676>



Eveno, P., Dalmont, J.-P., Caussé, R., Scavone, G. «An acoustic and perceptual evaluation of saxophone pad resonators», *Acta Acustica united with Acustica*, 2015 vol.-, n°0, pp.- [eveno:hal-01106942] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01106942>

Meurisse, T., Mamou-Mani, A., Caussé, R., Sluchin, B., Sharp, D. B. «An active mute for the trombone», *Journal of the Acoustical Society of America*, 2015 vol.138, n°6 [meurisse:hal-01253698] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253698>

Meurisse, T., Mamou-Mani, A., BENACCHIO, S., Chomette, B., SHARP, D., Caussé, R. «Experimental Demonstration of the Modification of the Resonances of a Simplified Self-Sustained Wind Instrument Through Modal Active Control», *Acta Acustica united with Acustica*, 2015 [meurisse:hal-01253691] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253691>

#### ■ Présentations invitées dans une conférence

Caussé, R. E., Mille, B., Tansu, M. «Acoustical and meta-working techniques study of cornua, roman brass instruments, and their sound reproduction by physical modeling sound synthesis», *ASA meeting*, 2015, [causse:hal-01253732] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253732>

#### ■ Thèses de doctorat

Florie-Anne Baugé, «Approche géométrique multi-symplectique pour la synthèse sonore par modèles physiques dans les environnements virtuels 3D interactifs», Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Septembre 2015.

#### ■ Enseignement

René Caussé, *Activité d'ouverture culturelle sur le thème de l'Acoustique et la musique contemporaine*, Ecole Centrale de Paris

Adrien Mamou-Mani: *Acoustique Musicale*, CNSMDP (200h par an)

Adrien Mamou-Mani: *Acoustique des Instruments à Cordes*, Semaine Musique Sciences Histoire, Mines de Paris

D. Roze: *Mécanique des milieux continus 1*, Polytech-UPMC (Paris), parcours Sciences de la Terre, 3ème année (24h de Cours Magistraux)

David Roze: *Mécanique des milieux continus 2*, Polytech-UPMC (Paris), parcours Sciences de la Terre, 3ème année (8h de Cours Magistraux)

#### ■ Séminaire invité

René Caussé: CEMES-CNRS (Centre d'Elaboration de Matériaux et d'Etudes Structurales) de Toulouse, conférence invitée sur "Physique de la corde frottée (violon): modèle, stabilité, contrôle, synthèse sonore", janvier 2015.

#### ■ Mémoires de stage

Aurore Caquas, stage de juin-juillet 2015, Licence 3, Magistère 1 de Physique fondamentale d'Orsay, Université Paris Sud, Synthèse sonore par modélisation physique d'instruments anciens.

Hugo Coste Dombre, projet fin d'études de mars - juillet 2015, INSA Toulouse, Analyse des Techniques d'Adaptation Utilisées par les clarinettes.

#### ÉQUIPE ESPACES ACOUSTIQUES ET COGNITIFS

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

[Bahu 2016] Bahu, H., Carpentier, T., Noisternig, M., Warusfel, O. «Comparison of Different Egocentric Pointing Methods for 3D Sound Localization Experiments», *Acta Acustica united with Acustica*, 2016 vol.102, n°1, pp.107 - 118 [bahu:hal-01256849]

[Chardon 2015] Chardon, G., Kreuzer, W., Noisternig, M. «Design of spatial microphone arrays for sound field interpolation», *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 2015, pp.11 [chardon:hal-01148971] <https://hal.inria.fr/hal-01148971>

#### ■ Conférences invitées dans des congrès nationaux et internationaux

Carpentier, T. Twenty years of Ircam Spat. in SONIC'2015, "Aesthetics of Spatial Audio in Sound", Music and Sound Art, Karlsruhe, 26 - 28 Nov 2015.

Noisternig, M. "La composition de l'espace sonore dans l'œuvre "Le Encantadas"". Conservatoire de Paris, Décembre 2015

Taffou, M. "Intégration multisensorielle et Emotion". Journée Intelligence Artificielle Embarquée, April 14, 2015, Pontoise, France.

Taffou, M., Ondrej, J., O'Sullivan, C., Warusfel, O., Dubal, S., & Viaud-Delmon, I. "Auditory-visual virtual environment for the treatment of fear of crowds." *Virtual Reality International Conference*, April 8-10, 2015, Laval, France.

Warusfel, O., "High Resolution sound field analysis and synthesis for 3D audio applications", *Audio Engineering Society Brasil*, 25-28 mai 2015, Saò Paolo, Brésil.

Warusfel, O., "3D audio sound scenes : panorama and technological horizons", *Escola de comunicações e artes, Universidade de Saò Paolo*, 29 mai 2015, Saò Paolo, Brésil.

Warusfel, O., "Applications of sound field analysis and synthesis in 3D audio context", *Intern. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN)*, 8-11 juin 2015, Srebrno Jezero, Serbie.



### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Baskind, A., Carpentier, T., Lyzwa, J.-M., Warusfel, O. «Surround and 3D-Audio Production on Two-Channel and 2D-Multichannel Loudspeaker Setups», 3rd International Conference on Spatial Audio (ICSA), 2015, [baskind:hal-01247614] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247614>
- Carpentier, T., Noisternig, M., Warusfel, O. «Twenty Years of Ircam Spat: Looking Back, Looking Forward», 41st International Computer Music Conference (ICMC), 2015, [carpentier:hal-01247594] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247594>
- Carpentier, T. «Tosca: An OSC Communication Plugin for Object-Oriented Spatialization Authoring», 41st International Computer Music Conference (ICMC), 2015, [carpentier:hal-01247588] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247588>
- Carpentier, T. «Binaural synthesis with the Web Audio API», 1st Web Audio Conference (WAC), 2015, [carpentier:hal-01247528] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247528>
- Carpentier, T. «Récents développements du Spatialisateur», Journées d'Informatique Musicale, 2015, [carpentier:hal-01247502] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247502>
- Carpentier, T. «Tosca: un plugin de communication OSC pour le mixage spatialisé orienté objet», Journées d'Informatique Musicale, 2015, [carpentier:hal-01247477] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01247477>
- Isnard V, Taffou M, Viaud-Delmon I, Suied C. "Acoustic and auditory sketches: Recognition of severely simplified natural sounds by human listeners". The Journal of the Acoustical Society of America. 2015;138(3):1918-. [ Isnard:hal-01250175] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01250175>
- Morgenstern, H., Noisternig, M., Rafaely, B. «Spatial analysis of sound fields in rooms using spherical MIMO systems», ASA meeting, Nov 2015, Jacksonville, J. Acoust. Soc. Am. 137(4):2195 [morgenstern:hal-01265289] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01265289>
- Morgenstern, H., Rafaely, B., Noisternig, M. «Joint Design of Spherical Microphone and Loudspeaker Arrays for Room Acoustic Analysis», 41th Annual German Congress on Acoustics (DAGA), 2015, [morgenstern:hal-01251142] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01251142>
- Taffou, M., Ondřej, J., O'Sullivan, C., Warusfel, O., Dubal, S., Viaud-Delmon, I. «Auditory-visual virtual environment for the treatment of fear of crowds», Laval Virtual, 2015, [taffou:hal-01162987] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01162987>
- Warusfel, O. "Applications of sound field analysis and synthesis in 3D audio context". International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering,

Jun 2015, Srebrno Jezero, Serbia. proceedings of icetran, 2015. [warusfel:hal-01265283], <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01265283>.

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

- Carpentier, T., Bresson, J. "Integrating Juce-based GUI in Max/MSP, OpenMusic or other computer music environments". 1st Juce Summit, London, 19 – 20 Nov 2015.
- Carpentier, T., Jacquemin, G. "3D authoring and rendering tools". IX Symposium (International symposium on immersive creativity), Society for Arts and Technologies, Montréal, 20 – 24 May 2015.
- Carpentier, T., "Authoring and processing of spatial sounds using Spat." International Workshop on Interactivity in music composition and performance, CIRMMT, McGill University, Montréal, 5 May 2015.
- Taffou, M., Ondřej, J., O'Sullivan, C., Warusfel, O., Dubal, S., & Viaud-Delmon, I. "Multisensory fearful stimuli amplify negative feelings in the space near the body". EBBS-EPBS joint meeting, September 12-15, 2015, Verona, Italy.
- Taffou, M., Ondřej, J., O'Sullivan, C., Warusfel, O., Dubal, S., & Viaud-Delmon, I. "Auditory-visual fearful stimuli amplify negative feelings as a function of their distance to the perceiver". 16th International Multisensory Research Forum, June 13-16, 2015, Pisa, Italy.

### ■ Ouvrages scientifiques ou chapitres d'ouvrages

- Gaggioli A., Ferscha A., Riva G., Dunne S., Viaud-Delmon I. (in press) Human Computer Confluence: Transforming human experience through symbiotic technologies, De Gruyter Open Ltd, Warsaw/Berlin.

### ■ Ouvrages de vulgarisation ou chapitres de ces ouvrages

- Noisternig, M. La composition de l'espace sonore dans l'œuvre "Le Encantadas". Festival d'Automne, Paris, France, pp. 6-7, Oct. 2015.

### ■ Rapports et autres documents

- Majdak, P. and Noisternig, M. AES69-2015 AES standard for file exchange - spatial acoustic data file format. International Standard, Audio Engineering Society, 2015.

### ■ Organisation de colloques

- Markus Noisternig: Co-organisation de la conférence "inSonic 2015 – International Conference on the Aesthetics of Spatial Audio in Sound, Music, and Sound Art", 25-27 novembre 2015, Karlsruhe.
- Partenaires: Staatliche Hochschule für Gestaltung (HfG) Karlsruhe, Zentrum für Kunst und Medien (ZKM) Karlsruhe, Center for Research in Electronic Art Technology (CREATE), Media Arts and Technology



(MAT), University of California Santa Barbara (UCSB), IRCAM, Baden Württemberg Stipendium, Baden Württemberg Stiftung, Kulturamt Stadt Karlsruhe; (programme scientifique: 6 workshops, 4 keynotes, 14 oral presentations, 1 round table; concerts et installations: 19 sound and media installations, 7 concerts, 2 late night clubbings; 150 participants)

#### ■ Diffusion de connaissances

Noisternig, M., Estrada, F. R., Kempf, M. Introduction to Wave Field Synthesis for Mucis Composition and Sound Installation Art. Workshop, Int. Conference on the Aesthetics of Spatial Audio in Sound, Music, and Sound-Art (inSonic), Karlsruhe, Germany, Nov. 2015.

#### ■ Films documentaires

Isabelle Viaud-Delmon

- Guérir la peur du vide, CNRS images
- Le son en trois dimensions

#### ■ Comités et expertises

Thibaut Carpentier: revues d'articles pour inSONIC Conference, Web Audio Conference 2015 et 2016

Markus Noisternig: Revues d'articles (Acta Acustica united with Acustica, Journal of Control Engineering Practice, Journal of Sound and Vibration; Web Audio Conference, Int. Conference on Digital Audio Effects, Int. Conference on the Aesthetics of Spatial Audio in Sound, Music, and Sound-Art).

Isabelle Viaud-Delmon: HCERES, Commission Européenne. Membre du comité de rédaction de la revue *Intellectica*. Revues d'articles (Journal of Neuroscience Methods, International Workshop on Movement and Computing, International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments).

Olivier Warusfel: Revues d'articles (Psychomusicology: Music, Mind, and Brain, Computer Music Multidisciplinary Research, ACM User-Interface Software and Technology, Web Audio Conference 2016)

#### ■ Articles de presse et radios

Markus Noisternig:

- "Neues Audio-Format als Schritt in Richtung personalisiertes Hören", Der Standard (Austrian Newspaper), April, 2015
- Gruszka, M. C., "HRTF and Binaural Reproduction." TV Technology, August, 2015
- Gruszka, M. C., "Deriving HRTFs and the aES69-2015 File Format." TV Technology, September, 2015

"Radiokolleg: 38 Jahre Klangforschung am IRCAM in Paris", Österreichischer Rundfunk (Austrian Broadcasting Corporation, ORF), December, 2015

"Révéler les trois dimensions du son: entretien avec Markus Noisternig", L'Étincelle, no. 4, pp. 10-12, 2015

Isabelle Viaud-Delmon:

Documentaire pour France Culture sur la claustrophobie

### ÉQUIPE PERCEPTION ET COGNITION MUSICALES

#### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

Aucouturier, J.-J., Johansson, P., Hall, L., Segnini, R., Mercadié, L., Watanabe, K. «Covert digital manipulation of vocal emotion alter speakers' emotional states in a congruent direction», Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2015 [aucouturier:hal-01261138] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261138>

Hemery, E., Aucouturier, J.-J. «One hundred ways to process time, frequency, rate and scale in the central auditory system», Frontiers in Computational Neuroscience, 2015 vol.9, n°Article 80, pp.18 p. [hemery:hal-01186328] <https://hal-mines-paristech.archives-ouvertes.fr/hal-01186328>

Lagrange, M., Lafay, G., Defreville, B., Aucouturier, J.-J. «The bag-of-frames approach: a not so sufficient model for urban soundscapes», JASA Express Letters, 2015 vol.138, n°5, pp.487-492 [lagrange:hal-01082501] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01082501>

Misdariis, N., Pardo, L.-F. «Système d'alerte pour véhicules électriques - Sécurité et design sonore», Techniques de l'Ingenieur, 2015 [misdariis:hal-01257008] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257008>

Pauletto, S., Cambridge, H., Susini, P. «Data sonification and sound design in interactive systems», International Journal of Human-Computer Studies, 2015 vol.85, pp.1-3 [pauletto:hal-01255508] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255508>

Ponsot, E., Susini, P., Meunier, S. «A robust asymmetry in loudness between rising- and falling-intensity tones», Attention, Perception, and Psychophysics, 2015 vol.77, n°3, pp.907-920 [ponsot:hal-01228812] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01228812>

Ponsot, E., Susini, P., Meunier, S. «Erratum to: A robust asymmetry in loudness between rising- and falling-intensity tones», Attention, Perception, and Psychophysics, 2015 vol.77, n°3, pp.921 [ponsot:hal-01228813] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01228813>

Ponsot, E., Meunier, S., Kacem, A., Chatron, J., Susini, P. «Are Rising Sounds Always Louder? Influences of Spectral Structure and Intensity-Region on Loudness Sensitivity to Intensity-Change Direction», Acta Acustica united with Acustica, 2015 vol.101, n°6, pp.1083-1093 [ponsot:hal-01228801] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01228801>

Rocchesso, D., Lemaitre, G., Susini, P., Ternström, S., Boussard, P. «Sketching Sound with Voice and Gesture», ACM Transactions on Graphics, 2015 vol.22,





- n°1, pp.38-41 [rocchesso:hal-01107167] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01107167>
- Susini, P., Houix, O., Saint Pierre, G. «The Effect of Loudness on the Perceptual Representation of Sounds With Similar Timbre», *Acta Acustica united with Acustica*, 2015 vol.101, n°6, pp.1174-1184 [susini:hal-01255411] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255411>
- Tardieu, J., Misdariis, N., Langlois, S., Gaillard, P., Lemerrier, C. «Sonification of in-vehicle interface reduces gaze movements under dual-task condition», *Applied Ergonomics*, 2015 vol.50 [tardieu:hal-01257149] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257149>
- **Communications dans un colloque national ou international**
- Aucouturier, J.-J., Canonne, C. «Music does not only communicate intrapersonal emotions, but also interpersonal attitudes, Fifth International Conference on Music and Emotions (ICME4), 2015, [aucouturier:hal-01261132] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261132>
- Aucouturier, J.-J., Canonne, C. «Music Does Not Only Regulate, But Directly And Reliably Communicates Social Behaviors», Ninth Triennial Conference of the European Society for the Cognitive Sciences of Music , 2015, [aucouturier:hal-01259623] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01259623>
- Carron, M., Rotureau, T., Dubois, F., Misdariis, N., Susini, P. «Portraying sounds using a morphological vocabulary», *EURONOISE 2015*, 2015, [carron:hal-01259625] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01259625>
- Houix, O., Bevilacqua, F., Misdariis, N., Susini, P., Flety, E., Françoise, J., Groboz, J. «Objects with Multiple Sonic Affordances to Explore Gestural Interactions», *xCoAx 2015. Computation, Communication, Aesthetics & X*, 2015, [houix:hal-01257087] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257087>
- Lemaitre, G., Jabbari, A., Houix, O., Misdariis, N., Susini, P. «Vocal imitations of basic auditory features», the 169th ASA meeting, 2015, [lemaitre:hal-01256126] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01256126>
- Lemaitre, G., Jabbari, A., Houix, O., Misdariis, N., Susini, P. «Vocal imitations of basic auditory features», Meeting of the Acoustical Society of America, 2015, [lemaitre:hal-01260459] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01260459>
- Misdariis, N., Cera, A., Gaxie, S. «Créativité et design sonore: étude de cas.», *TCPM - Tracking the Creative Process of Music*, 2015, [misdariis:hal-01257088] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257088>
- Nonaka, Y., Aucouturier, J.-J., Katahira, K., Kazuo, O. «Developmental diversity in infant cry through maternal interactions», *Tokyo Lectures in Language Evolution*, 2015, [nonaka:hal-01261134] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261134>
- Ponsot, E., Susini, P., Oberfeld, D., Meunier, S. «Temporal weighting of loudness: Different psychophysical tasks reveal different evaluation strategies», *Fechner Day 2015, the 31st Annual Meeting of the International Society for Psychophysics*, 2015, [ponsot:hal-01229541] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01229541>
- Ponsot, E., Meunier, S., Susini, P. «Some factors influencing loudness asymmetries between rising and falling-intensity stimuli», the 170th ASA meeting, 2015, [ponsot:hal-01255999] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255999>
- Ponsot, E., Susini, P., Meunier, S. «Decision strategies in loudness judgments of time-varying sounds inferred from two psychophysical tasks», *EuroNoise 2015*, 2015, [ponsot:hal-01229537] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01229537>
- Rachman, L., Liuni, M., Arias, P., Aucouturier, J.-J. «Synthesizing speech-like emotional expression onto music and speech signals», Fifth International Conference on Music and Emotions, (ICME4), 2015, [rachman:hal-01261133] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261133>
- Scurto, H., Lemaitre, G., Françoise, J., Voisin, F., Bevilacqua, F., Susini, P. «Combining gestures and vocalizations to imitate sounds», the 170th ASA meeting, 2015, [scurto:hal-01255934] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255934>
- Scurto, H., Lemaitre, G., Françoise, J., Voisin, F., Bevilacqua, F., Susini, P. «Combining gestures and vocalizations to imitate sounds», Meeting of the Acoustical Society of America, 2015, [scurto:hal-01260465] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01260465>
- Susini, P., Houix, O., Saint Pierre, G. «Loudness effect on pairwise comparisons and sorting», the 170th ASA meeting, 2015, [susini:hal-01255894] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01255894>
- **Mémoires de thèse**
- Boyer, E. «Continuous auditory feedback for sensorimotor learning». *Cognitive Sciences*. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015. English [boyer:tel-01191826v2] <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01191826>
- Ponsot, E. «Global loudness processing of time-varying sounds: The case of rising and falling intensity stimuli». *Neuroscience*. UPMC, 2015. English. [ponsot:tel-01266653] <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01266653>

## ÉQUIPE ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

### ■ Articles parus dans des revues à comité de lecture

- Lopes, N., Hélie, T., «Energy balanced model of a jet interacting with a brass player's lip. Acta Acustica United With Acustica», 102(1):141154, 2016, [hal-id: en cours d'attribution]
- Obin, N., Lanchantin, P. «Symbolic Modeling of Prosody: From Linguistics to Statistics», IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, 2015 vol.23, n°3, pp.588 - 599 [obin:hal-01164602] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01164602>

### ■ Communications avec actes dans un congrès international

- Ardailon, L., Degottex, G., Roebel, A. «A multi-layer F0 model for singing voice synthesis using a B-spline representation with intuitive controls», Interspeech 2015, 2015, [ardailon:hal-01251898] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01251898>
- Chien, Y.-R., Roebel, A. «One-formant vocal tract modeling for glottal pulse shape estimation», Proceedings of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2015, [chien:hal-01261248] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261248>
- Falaize, A., Hélie, T. «Guaranteed-passive simulation of an electro-mechanical piano: A port-Hamiltonian approach», 18th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-15), 2015, [falaize:hal-01245613] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01245613>
- Falaize, A., Papazoglou, N., Hélie, T., Lopes, N. «Compensation of loudspeaker's nonlinearities based on flatness and port-Hamiltonian approach», 22ème Congrès Français de Mécanique, 2015, [falaize:hal-01245632] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01245632>
- Favory, X., Obin, N., Degottex, G., Roebel, A. «The Role of Glottal Source Parameters for High-Quality Transformation of Perceptual Age», International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), 2015, [favory:hal-01164562] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01164562>
- Hélie, T., Maignon, D. «Nonlinear damping models for linear conservative mechanical systems with preserved eigenspaces: a port-Hamiltonian formulation», Lagrangian and Hamiltonian Methods for Non Linear Control, 2015, [helie:hal-01231810] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01231810>
- Hélie, T., Falaize, A., Lopes, N. «Systèmes Hamiltoniens à Ports avec approche par composants pour la simulation à passivité garantie de problèmes conservatifs et dissipatifs», Colloque National en Calcul des Structures, 2015, [helie:hal-01264923] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01264923>

- Huber, S., Roebel, A. «On glottal source shape parameter transformation using a novel deterministic and stochastic speech analysis and synthesis system», 16th Annual Conference of the International Speech Communication Association (Interspeech ISCA), 2015, [huber:hal-01185326] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01185326>
- Huber, S., Roebel, A. «Voice quality transformation using an extended source-filter speech model», 12th Sound and Music Computing Conference (SMC), 2015, [huber:hal-01185324] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01185324>

- Lopes, N., Hélie, T., Falaize, A., «Explicit second-order accurate method for the passive guaranteed simulation of port-hamiltonian systems». In the 5th IFAC Workshop on Lagrangian and Hamiltonian Methods for Non Linear Control, pages 16. IFAC, 2015, [hal-id: en cours d'attribution]

- Marchand, U., Fresnel, Q., Peeters, G. «GTZAN-Rhythm: Extending the GTZAN Test-Set with Beat, Downbeat and Swing Annotations», octobre 2015, [marchand:hal-01252607] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01252607>

- Marchand, U., Peeters, G. «Swing Ratio Estimation», Digital Audio Effects 2015 (Dafx15), 2015, [marchand:hal-01252603] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01252603>

- Marchetto, E., Peeters, G. «A set of audio features for the morphological description of vocal imitations», Proc. of the 18th Intl. Conf. on Digital Audio Effects, 2015, [marchetto:hal-01253651] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253651>

- Peeters, G., Cornu, F., Doukhan, D., Marchetto, E., Mignot, R., Perros, K., Régnier, L. «When audio features reach machine learning», International Conference on Machine Learning - Workshop on 'Machine Learning for Music Discovery', 2015, [peeters:hal-01254057] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01254057>

- Roebel, A., Pons Puig, J., Liuni, M., Lagrange, M. «On automatic drum transcription using non-negative matrix deconvolution and itakura saito divergence», Proc of the IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2015, [roebel:hal-01261256] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01261256>

### ■ Communications sans actes dans un congrès international ou national

- Peeters, G. «Descripteurs audio: de la simple représentation aux modèles de connaissances», Geste sonore et paramètres. L'analyse musicale à l'heure des outils multimédia, 2015, [peeters:hal-01254068] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01254068>

Peeters, G. «Music Structure: What is Similar?», ASyMMuS Workshop on Audio-Symbolic Music Similarity Modelling, 2015, [peeters:hal-01254064] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01254064>

Hélie, T., «Systèmes Hamiltoniens à ports et simulation à passivité garantie», In 59th Souriau Colloquium: Colloque International de Théories Variationnelles, Seignosse, France, 2015, [hal-id: en cours d'attribution]

Hélie, T., Matignon, D., «Physically-based dynamic morphing of beam sounds: a power-balanced formulation», In Vienna Talk on Music Acoustics, Session Numerical Methods, Vienna, Austria, 2015, [hal-id: en cours d'attribution]

#### ■ Ouvrage scientifiques ou chapitres d'ouvrages

Obin, N., Veaux, C., Lanchantin, P. «Exploiting Alternatives for Text-To-Speech Synthesis: From Machine to Human» in Speech Prosody in Speech Synthesis: Modeling and Generation of Prosody for High Quality and Flexible Speech Synthesis, 2015, pp.189-202, [obin:hal-01164642] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01164642>

#### ■ Thèse, mémoires et travaux universitaires

Fresnel, Q., Peeters, G. «Apprentissage de descripteurs audio par Deep learning, application pour la classification en genre musical», 2015 [fresnel:hal-01258923] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01258923>

Deschamps, A., Falaize, A. «Estimation des paramètres d'un modèle physique dans le formalisme des Systèmes Hamiltoniens à Ports: application au haut-parleur électrodynamique», 2015 [antoine:hal-01264933] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01264933>

Hahn, H., «Expressive Sampling Synthesis: Learning Extended Source-Filter Models from Instrument Sound Databases for Expressive Sample Manipulation», UPMC Université Paris VI, 2015 [hal-id: en cours d'attribution]

Huber, S., «Voice Conversion by modelling and transformation of extended voice characteristics», Université Pierre et Marie Curie, 2015 [hal-id: en cours d'attribution]

Jacques, C., Amélioration d'un algorithme de détection d'onset pour la transcription automatique de la musique, Stage, IRCAM, septembre 2015, [jacques:hal-01264383] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01264383>

Liao, W-H., «Modelling and transformation of sound textures and environmental sounds». Université Pierre et Marie Curie, 2015 [hal-id: en cours d'attribution]

#### ■ Comités scientifiques et jurys

Hélie, T., Relecteur pour Acta Acustica United with Acustica.

Hélie, T., Relecteur pour System and Control Letters.

Hélie, T., Examinateur et Président, Thèse de Camille Vauthrin, LAM-IJLRA, UPMC

Hélie, T., Rapporteur, Thèse d'Alexis Guilloteau, LMA, Marseille

Hélie, T., Membre du Conseil de Laboratoire, UMR9912

Hélie, T., Responsable du Groupe Spécialisé d'Acoustique Musicale/Membre du Groupe Acoustique et Parole/Membre du Conseil d'administration, Société Française d'Acoustique.

Obin, N., Relecteur pour la revue Elsevier Speech Communication.

Obin, N., Relecteur pour la revue IEEE Transactions on Affective Computing (TAC).

Peters, P., Rapporteur: HDR de Pierre Couprie, Paris Sorbonne

Peters, P., Rapporteur: mi-Thèse de Clément Laroche

Peters, P., Rapporteur: mi-Thèse de Simon Durand

Peters, P., Reviewer: IEEE TASLP, DAFx, ISMIR, ICMC, JIM

Peters, P., Membre élu du ISMIR-Board

Roebel, A., Relecteur pour la revue Elsevier Speech Communication.

Roebel, A., Membre du Conseil d'administration du GRETSI

Roebel, A., Membre du Comité de sélection des attributions de bourses et thèses (Ecole Doctorale EDITE)

#### ■ Communication grand public

##### Presse écrite

- «Clonage vocal: avec l'Ircam», SonoMag, mai 2015
- «On va pouvoir ressusciter la voix de Marilyn Monroe», Sciences et Vie, juin 2015, p.104-108
- «Voir la musique, c'est possible», Usbek et Rica 13 «Non au futur parfait», 2015, p.24
- Peters, P., Interview: 01.net

##### Web

- «De Funès dans le film de Debbouze? Mais c'est la voix de qui?», Rue 89, 8 avril 2015
- «J'ai cherché Audrey, la synthèse vocale de mon ordinateur», Rue 89, 5 mai 2015
- «Pourquoi j'ai pas mangé mon père: l'IRCAM refait parler Louis de Funès», Sciences et Avenir, 8 avril 2015
- Peters, P., Interview: vidéo SACEM

##### Radio

- Carte blanche d'Eva Bettan, A'live, France Inter, 18 juin 2015
- 38 Jahre Klangforschung am IRCAM in Paris, Radio Österreich 1, 16 décembre 2015

##### Télévision

- Donner de la Voix, FutureMag, Arte, 5 décembre 2015
- La Visite Musicale, Le Magazine de la Santé, France 5, 27 mars 2015
- Peters, P., Interview: Arte-TV

**ÉQUIPE REPRÉSENTATIONS MUSICALES****■ Articles parus dans des revues à comité de lecture**

- Agostini, A., Ghisi, D. «A Max Library for Musical Notation and Computer-Aided Composition», *Computer Music Journal*, 2015 vol.39, n°2, pp.11-27 [agostini:hal-01264453] <https://hal.inria.fr/hal-01264453>
- Bergomi, M. G., Fabbri, F., Andreatta, M. «Hey Maths! Modèles formels et computationnels au service des Beatles», *Volume!* 2015 [bergomi:hal-01263336] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263336>
- Bigo, L., Ghisi, D., Spicher, A., Andreatta, M. «Representation of Musical Structures and Processes in Simplicial Chord Spaces», *Computer Music Journal*, 2015 [bigo:hal-01263299] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263299>
- Burloiu, G., Cont, A. «Visualizing Timed, Hierarchical Code Structures in AscoGraph», *International Conference on Information Visualisation*, 2015, [burloiu:hal-01155618] <https://hal.inria.fr/hal-01155618>
- Chemillier, M., Nika, J. «Étrangement musical «: les jugements de goût de Bernard Lubat à propos du logiciel d'improvisation ImproteK», *Cahiers d'ethnomusicologie*, 2015 vol.28, pp.61-80 [chemillier:hal-01262592] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01262592>
- Freund, A., Andreatta, M., Giavitto, J.-L. «Lattice-based and topological representations of binary relations with an application to music», *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*, 2015 vol.73, n°3-4, pp.311-334 [freund:hal-01256854] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01256854>
- Lejzerowicz, F., Esling, P., Pillet, L., Wilding, T. A., Black, K. D., Pawlowski, J. «High-throughput sequencing and morphology perform equally well for benthic monitoring of marine ecosystems», *Scientific Reports*, 2015 vol.5, pp.13932 [lejzerowicz:hal-01245135] <http://hal.upmc.fr/hal-01245135>
- Nika, J., Chemillier, M. «Improvisation musicale homme-machine guidée par un scénario temporel», *Technique et Science Informatiques*, 2015 vol.7-8, n°33, pp.651-684 [nika:hal-01107194] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01107194>
- Visco, J. A., Apothéloz-Perret-Gentil, L., Cordonier, A., Esling, P., Pillet, L., Pawlowski, J. «Environmental Monitoring: Inferring the Diatom Index from Next-Generation Sequencing Data», *Environmental Science and Technology*, 2015 vol.49, n°13, pp.7597--7605 [visco:hal-01245156] <http://hal.upmc.fr/hal-01245156>

**■ Communications avec actes dans un congrès international**

- Bergomi, M. G., Andreatta, M. «Math'n Pop versus Math'n Folk?», *International Folk Music Analysis Conference*, 2015, [bergomi:hal-01263427] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263427>
- Bietti, A., Bach, F., Cont, A. «An online EM algorithm in hidden (semi-)Markov models for audio segmentation and clustering», *ICASSP 2015 - 40th IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 2015, [bietti:hal-01115826] <https://hal.inria.fr/hal-01115826>
- Bouche, D., Bresson, J. «Planning and Scheduling Actions in a Computer-Aided Music Composition System», *Scheduling and Planning Applications Workshop (SPARK)*, 2015, [bouche:hal-01163284] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01163284>
- Bouche, D., Bresson, J. «Articulation dynamique de structures temporelles pour l'informatique musicale», *Modélisation des Systèmes Réactifs (MSR 2015)*, 2015, [bouche:hal-01224271] <https://hal.inria.fr/hal-01224271>
- Bouche, D., Bresson, J. «Adaptive lookahead planning for performing music composition», *The 25th International Conference on Automated Planning and Scheduling (ICAPS)*, juin 2015, [bouche:hal-01163294] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01163294>
- Bresson, J., MacCallum, J. «Tempo Curving as a Framework for Interactive Computer-Aided Composition», *Sound and Music Computing Conference (SMC)*, 2015, [bresson:hal-01166166] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01166166>
- Burloiu, G., Cont, A. «Non-overlapping, Time-coherent Visualisation of Action Commands in the AscoGraph Interactive Music User Interface», *First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation*, 2015, [burloiu:hal-01135727] <https://hal.inria.fr/hal-01135727>
- De Paiva Santana, C., Manzolli, J., Bresson, J., Andreatta, M. «Towards a Borgean Musical Space: An Experimental Interface for Exploring Musical Models», *Electronic Visualisation and the Arts*, 2015, [depaivasantana:hal-01177456] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01177456>
- Donat-Bouillud, P., Jacquemard, F., Sakai, M. «Towards an Equational Theory of Rhythm Notation», *Music Encoding Conference 2015*, 2015, [donatbouillud:hal-01105418] <https://hal.inria.fr/hal-01105418>
- Favory, X., Garcia, J., Bresson, J. «Trajectoires: a mobile application for controlling and composing sound spatialization», *27ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine.*, 2015, [favory:hal-01218595] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01218595>



- Fober, D., Bresson, J., Couprie, P., Geslin, Y. «Les nouveaux espaces de la notation musicale», Journées d'Informatique Musicale, 2015, [fober:hal-01160759] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01160759>
- Giavitto, J.-L. «A topological approach of musical relationships», *Mathemusical Conversations*, 2015, [giavitto:hal-01257546] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257546>
- Jacquemard, F., Donat-Bouillud, P., Bresson, J. «A Structural Theory of Rhythm Notation based on Tree Representations and Term Rewriting», *Mathematics and Computation in Music: 5th International Conference, MCM 2015*, 2015, [jacquemard:hal-01138642] <https://hal.inria.fr/hal-01138642>
- Jacquemard, F., Kojima, Y., Sakai, M. «Term Rewriting with Prefix Context Constraints and Bottom-Up Strategies», *25th International Conference on Automated Deduction (CADE'15)*, 2015, [jacquemard:hal-01149319] <https://hal.inria.fr/hal-01149319>
- MacCallum, J., Gottfried, R., Rostovtsev, I., Bresson, J., Freed, A. «Dynamic Message-Oriented Middleware with Open Sound Control and Odot», *International Computer Music Conference*, 2015, [maccallum:hal-01165775] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01165775>
- Nakamura, E., Cuvillier, P., Cont, A., Ono, N., Sagayama, S. «Autoregressive hidden semi-Markov model of symbolic music performance for score following», *16th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR)*, 2015, [nakamura:hal-01183820] <https://hal.inria.fr/hal-01183820>
- Nika, J., Bouche, D., Bresson, J., Chemillier, M., Assayag, G. «Guided improvisation as dynamic calls to an offline model», *Sound and Music Computing (SMC)*, 2015, [nika:hal-01184642] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01184642>
- Pascalie, J., Potier, M., Kowaliw, T., Giavitto, J.-L., Michel, O., Spicher, A., Doursat, R. «Spatial Computing in Synthetic Bioware: Creating Bacterial Architectures», *EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL LIFE 2015*, 2015, [pascalie:hal-01257528] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257528>
- Poncelet, C., Jacquemard, F. «Model Based Testing of an Interactive Music System», *Proceedings of the 30th ACM/SIGAPP Symposium On Applied Computing (ACM SAC)*, 2015, [poncelet:hal-01097345] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01097345>
- Popoff, Alexandre, Andreatta, M., Ehresmann, A. «A Categorical Generalization of Klumpenhouwer Networks», *Mathematics and Computation in Music*, 2015, [popoff:hal-01263398] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263398>
- Tanaka, T., Koichi, F. «Describing Global Musical Structures by Integer Programming on Musical Patterns», *Mathematics and Computation in Music*, 2015, [tanaka:hal-01264006] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01264006>
- Yuping Ren, I., Doursat, R., Giavitto, J.-L. «Synchronization in Music Group Playing», *International Symposium on Computer Music Multidisciplinary Research (CMMR)*, 2015, [yupingren:hal-01257540] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257540>

#### ■ Ouvrages ou chapitres d'ouvrages

- Andreatta, M. «Autour de la Set Theory et de l'analyse de la musique atonale» in *Modernité musicale et musicologie critique.*, 2015, pp.159-175, [andreatta:hal-01107190] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01107190>
- Andreatta, M. «Autour de la Set Theory et de l'analyse de la musique atonale «in Modernité musicale au XXe siècle et musicologie critique. Hommage à Célestin Deliège, collection de l'Académie de Bruxelles, 2015, pp.93-110, [andreatta:hal-01263361] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263361>
- Battier, M., Bresson, J., Couprie, P., Davy-Rigaux, C., Fober, D., Geslin, Y., Genevois, H., Picard, F., Tacaille, A., *Proceedings of the First International Conference on Technologies for Music Notation and Representation - TENOR2015*, 2015, [battier:hal-01159870] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01159870>
- Bigo, L., Andreatta, M. «Topological Structures in Computer-Aided Music Analysis» in *Computational Music Analysis*, 2015, pp.57-80, [bigo:hal-01263349] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263349>
- Leucker, M., Rueda, C., Valencia, F. (sous la direction de), *Theoretical Aspects of Computing - ICTAC 2015*, Springer, 2015, [leucker:hal-01257171] <https://hal.inria.fr/hal-01257171>
- Malt, M., Jourdan, E. «Le «BSTD» -- Une représentation graphique de la brillance et de l'écart type spectral, comme possible représentation de l'évolution du timbre sonore» in *L'analyse musicale aujourd'hui*, 2015, [malt:hal-01265269] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01265269>
- Malt, M. «Une proposition pour l'analyse des musiques électroacoustiques de Xenakis à partir de l'utilisation de descripteurs audio» in *Iannis Xenakis, La musique électroacoustique, L'Harmattan*, 2015, pp.159-198, [malt:hal-01265273] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01265273>

#### ■ Rapports internes

- Delaplace, Franck, Di Giusto, Cinzia, Giavitto, Jean-Louis, Klaudel, Hanna, Spicher, Antoine, *Activity Networks with Delays application to toxicity analysis*, Research Report, I3S, mai 2015, [delaplace:hal-01152719] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01152719>
- Jacquemard, Florent, Donat-Bouillud, Pierre, Bresson, Jean, *A Term Rewriting Based Structural Theory of Rhythm Notation*, Research Report, ANR-13-JS02-0004-01 - Efficace, mars 2015, [jacquemard:hal-01134096] <https://hal.inria.fr/hal-01134096>



Jacquemard, Florent, Rapport d'étape et bilan financier 2015 PHC AMADEUS 2015 «LETITBE «N\textdegree 33808SC, Contrat, Institut français de Vienne, octobre 2015, [jacquemard:hal-01254591] <https://hal.inria.fr/hal-01254591>

Poncelet, Clément, Jacquemard, Florent, Compilation of the Intermediate Representation V1, Research Report, IRCAM; INRIA Paris-Rocquencourt; INRIA, mars 2015, [poncelet:hal-01132159] <https://hal.inria.fr/hal-01132159>

Poncelet, Clément, Jacquemard, Florent, Offline methods of conformance testing for Antescofo, Research Report, IRCAM; INRIA Paris-Rocquencourt; INRIA, mars 2015, [poncelet:hal-01132155] <https://hal.inria.fr/hal-01132155>

Rossignol, M., Lagrange, M., Cont, A., Efficient similarity-based data clustering by optimal object to cluster reallocation, working paper or preprint, mars 2015, [rossignol:hal-01123756] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01123756>

#### ■ Thèses, mémoires et travaux universitaires

Echeveste, J.-M. «A programming language for Computer-Human Musical Interaction», Theses, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, 2015, [echeveste:tel-01196248] <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01196248>

Mattia BERGOMI, thèse de doctorat, réalisée en cotutelle au sein de l'équipe Représentations Musicales à l'Ircam avec l'Université degli Studi di Milano «Dynamical and Topological Tools for (Modern) Music Analysis»

Mikhail MALT, mémoire d'habilitation à diriger des recherches à Strasbourg «La représentation dans le cadre de la composition et de la musicologie assistées par ordinateur, de la raison graphique à la contrainte cognitive»

Chemla-Romeu-Santos, Axel, Guidages de l'improvisation musicale homme-machine, Research Report, stage ATIAM UPMC Université Paris VI, septembre 2015, [chemlaromeusantos:hal-01263992] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263992>

Favory, Xavier, Une application mobile pour le contrôle de la spatialisation sonore, Stage, ATIAM, UMR STMS - Ircam-CNRS-UPMC Sorbonne Universités, 2015, [favory:hal-01263392] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01263392>

Sirbu, M. «Clustering incrémental de signaux audio», Master ATIAM, 2015 [sirbu:hal-01196455] <https://hal.inria.fr/hal-01196455>

Ycart, A. «Quantification rythmique dans OpenMusic», Master ATIAM, 2015 pp.51 [ycart:hal-01202257] <https://hal.inria.fr/hal-01202257>

#### ■ Conférences invitées, interventions

Moreno Andreatta & Carlos Agon, Théories des catégories en analyse musicale (avec Carlos Agon), séminaire "La musique et ses raisons / volet mamuphi", séance spéciale en hommage à Andrée Ehresmann autour de la théorie des catégories et créativité", 12 décembre 2015

Moreno Andreatta, Outils mathématiques en musicologie computationnelle, Séminaire inaugural du Collegium Musicae, Philharmonie de Paris, 13 novembre

Moreno Andreatta, Exploring the "mathemusal" dynamics: some theoretical and philosophical aspects of a musically driven mathematical practice, Annual Meeting of the Association of Philosophy of Mathematical Practice, Institut Henri Poincaré, 2-4 Novembre 2015

Moreno Andreatta, Algebraic and Topological Models in Computational Music Analysis", Pordenone, 22 octobre 2015 -

Moreno Andreatta, Computational Models of the Pitch-Rhythm Correspondence, Congrès annuel de la GMTH, Berlin, 1-4 octobre 2015

Moreno Andreatta, Recherche et création en mathématique/musique: éléments d'un bilan personnel à mi-parcours, Ateliers d'Histoire et de Philosophie des Sciences pour les doctorants de l'UPMC/Interférences\_VIDA, UPMC, 4 mai 2015

Moreno Andreatta, Tiling Canons as a Key to Approaching Open Mathematical Conjectures?, Mathemusal Conversations. Mathematics and Computation in Music Performance and Composition, International Workshop, NUS, Singapour, 13-15 février 2015

Moreno Andreatta, Analyse musicale transformationnelle et théorie des catégories: compte-rendu d'une recherche en cours (avec Andrée Ehresmann & Alexandre Popoff, séminaire mamuphi, 7 février 2015)

Moreno Andreatta, Les maths au service de la chanson (en collaboration avec Polo), Semaine des mathématiques, conférence-concert au lycée Lamartine, 17 mars 2015

Moreno Andreatta, Formalismes mathématiques et modèles computationnels en recherche "mathémusicale": algèbre et géométrie au service de la chanson, Conférence-concert dans le cadre des conférences de l'Institut de Physique de Rennes, 27 janvier 2015

Gérard Assayag, Creative Dynamics of Improvised Musical Interaction, Mathemusal Conversations. Mathematics and Computation in Music Performance and Composition, International Workshop, NUS, Singapour, 13-15 février 2015

Gérard Berry, Jean-Louis Giavitto, "Informatique et Musique", Réunion de l'inter-section des applications des sciences, 31 mars 2015, Académie des Sciences.

Jean Bresson: "Représentations interactives de données musicales dans OpenMusic". Journée d'étude du groupe de travail Les nouveaux espaces de la notation musicale, INA-GRM, Paris. 6/02/2015.



- Dimitri Bouche: "Scheduling & Time Structures in Computer-Assisted Composition". CCRMA Guest Colloquium, Department of Music, Stanford University. 02/04/2015.
- Arshia Cont, Musique et nouvelles Technologies, BFM Business TV, décembre 2015 (émission en directe de 20mn).
- Jérémy Garcia, Xavier Favory, Jean Bresson: "Computer-aided composition tools and interfaces for the control of sound spatialization". PRISMA meeting, IRCAM. 06/07/2015.
- Dimitri Bouche: "De l'esquisse à la composition". Colloque international Outils et des méthodes innovantes pour l'enseignement de la musique et du traitement du signal. Université Jean Monnet, Saint-Etienne. 2-3/11/2015.
- Jean Bresson Florent Jacquemard, Adrien Ycart: "Interactions et modèles d'analyse en CAO: Supervision d'un modèle formel pour la manipulation des structures rythmiques". Modélisation, interactions et analyse, premières rencontres du réseau MusICAL (Interaction Calcul Algorithmique Langages appliqués à la Musique), Université de Picardie Jules Verne, Amiens, 14/12/2015.
- Jean Bresson, Nika Jérôme, Séminaire annuel du Réseau National des Systèmes Complexes (RNSC), Le Havre, 2-5 novembre 2015.
- Hélianthe Caure, Participation au séminaire de la détente mathématique à la Maison des Mathématiques et de l'Informatique à Lyon le 20/05/2015 (<http://images.math.cnrs.fr/Canons-rythmiques-mosaïques.html>)
- Charles De Paiva Santana, Modeling, Simulating, Analysing: Audio Features in G. Ligeti's Désordre, Sysmus 2015, Leipzig.
- Jean-Louis Giavitto, "a topological approach of musical relationships", Colloque International "Mathemusal Conversations: mathematics and computation in performance and composition" hosted by the Yong Siew Toh Conservatory of Music and the Institute for Mathematical Sciences, in collaboration with the Centre for Digital Music, Queen Mary University of London and the Sciences and Technologies for Music and Sound, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique. Singapore, 13-15 février 2015.
- Jean-Louis Giavitto, "Une représentation spatiale de notions musicales", Séminaire de la réunion annuelle du Decanat des Science, Université de Namur. Séminaire invité, 8 mai 2015, Namur.
- Jean-Louis Giavitto, "Le temps compagnon de l'espace", Journée Spatial Computing, LIAFA 15 avril 2015.
- Jean-Louis Giavitto, "Accorder le temps de l'homme et le temps de la machine", Journées scientifique INRIA. Nancy, juin 2015.
- Jean-Louis Giavitto, "Emergence de la biologie synthétique du point de vue d'un informaticien", Interview de travail par Gaetan Flotto et Mélanie Guyonvar, sociologues, dans le cadre de leur groupe de travail sur la sociologie des sciences. Juin 2015.
- Jean-Louis Giavitto, "formalisation des relations temporelles pour la performances musicales", rencontre INRIA-EHESS, novembre 2015.
- Mikhail Malt, "Descripteurs de bas niveau et analyse musicale, réflexions...", in L'analyse musicale à l'heure des outils multimédia, Séminaire de recherche doctoral et post-doctoral interuniversitaire, Institut de Recherche en Musicologie – Université de Paris Sorbonne - CNRS - UMR8223, Société Française d'Analyse Musicale – Revue Musimédiane, Coordination: Jean-Marc Chouvel, Vendredi 23/01/2015 13H30 – 17h30 salle D040, Maison de la recherche 28, rue Serpente 75006 Paris.
- Mikhail Malt, La notion de système dynamique, un modèle pour la composition ?, dans le contexte du groupe "Musique et systèmes complexes" du GREAM (Groupe de Recherches Expérimentales sur l'Acte Musical) et le Campus Numérique des Systèmes Complexes de Strasbourg, Jeudi 17 septembre 2015, 14h, Amphithéâtre du Collège Doctoral Européen, Strasbourg.
- Mikhail Malt, L'improvisation assistée par ordinateur et la notion de système dynamique, UNESP (Université de l'Etat de São Paulo), dans le cadre du Forum Ircam hors les murs, 4 novembre 2015.
- Mikhail Malt, «Descripteurs de bas niveau, analyse musicale et représentations, réflexions...», GDR ESAR Analyse, description, modélisation et programmation des structures musicales, Bordeaux, LaBRI, Université de Bordeaux, 18 novembre 2015.
- Lara Morciano, 2015: Participations à différentes séminaires à l'Ensad, Ensba, La Femis et présentations de mon travail de recherche au CNSMDP
- Lara Morciano, 19 avril: présentation du travail de recherche et composition à Genève
- Lara Morciano, 6 mai présentation et bilan d'étape sur mon projet et travail de thèse au CNSMDP
- Jérôme Nika, "Modèle pour l'improvisation musicale homme-machine guidée par un scénario", Séminaire "Systèmes complexes en sciences sociales", Ecoles des hautes études en sciences sociales (EHESS), Paris, 25 septembre 2015.
- Jérôme Nika, Marc Chemillier, "Brunch Ethnomusika" Présentation du système ImproteK et démonstrations, Péniche Anako, Paris, 8 février 2015.
- Jérôme Nika, "Atelier inattendu 2", projet Mons capitale européenne de la culture 2015 de l'Institut de Recherche en Innovation (IRI), Théâtre Le Prato, Lille, 22-24 janvier 2015.



### ■ Comités et Jurys, distinctions

Andreatta, M., Président d'une commission thématique pour les allocations doctorales de l'EDITE

Gérard Assayag, Membre du directoire du Collegium Musicae, institut de Sorbonne Universités

Gérard Assayag, membre (président) du jury d'HDR de Mikhail Malt, le 4 février 2015 à Strasbourg

Jean Bresson, Membre du jury de Thèse de Julien Debove, EHES. "Approche de la musique modale et transmission orale de la musique hindoustanie au sein de la dynastie des Rajam". 7/12/2015.

Jean Bresson, Comité de pilotage et comité scientifique, TENOR 2015 (International Conference on Technologies for Music Notation and Representation), Paris, 28-30 mai 2015.

Jérémie Garcia, Comité scientifique TENOR 2015 (International Conference on Technologies for Music Notation and Representation), Paris, 28-30 mai 2015.

Jean Bresson. Membre du Conseil d'Administration AFIM.

Jean Bresson. Comité Scientifique. JIM 2015, MCM 2015, inSonic 2015, DAFx 2015.

Arshia Cont: membre élu au board de l'International Computer Music Association (ICMA) en charge de l'organisation de la conférence annuelle ICMC et de la promotion de la recherche dans le domaine.

Esling P., Jury de mi-parcours de thèse, Xavier Renard, LIP6, Arcelor-Mittal

Esling, P., Jury de Master 2 ATIAM

Esling P., Reviewing board director, conférence Eukaryotic-omics, Genève

Esling, P., Comité de Selection des Maîtres de conférences UPMC (Poste n°4259, Section 27 UPMC)

Esling P., Jury de mi-parcours de thèse, Xavier Renard, LIP6, Arcelor-Mittal

Giavitto, J.-L., Rédacteur en chef Technique et Science Informatique (TSI) Lavoisier-Hermes.

Giavitto, J.-L., Co-responsable du pôle Langage du GDR Génie de la programmation et du Logiciel.

Giavitto, J.-L., Expertise auprès du programme FET de la communauté européenne, 2011-2015

Giavitto, J.-L., Membre extérieur du conseil doctoral de l'ED STIC, Paris-Saclay

Giavitto, J.-L.: Comités de programme de: 41st International Computer Music Conference (ICMC), ninth IEEE International Conference on Self-Adaptive and Self-Organizing Systems (SASO), International Workshop on Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NICSO), 13th European Conference on Artificial Life (ECAL), Digital Entertainment Technologies and Arts (DETA track at GECCO 2015), 10th International Conference on Information Processing in Cells and Tissues IPCAT, et TENOR 2015.

Giavitto, J.-L.: Rapporteur sur l'habilitation de René Douence (Ecole des Mines de Nantes; examinateur sur les thèses de Sergiu Ivanov (University of Paris Est), et de Simon Martiel (Université de Nice).

Florent Jacquemard: Comité de programme de 1st International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR 2015).

Jérôme Nika, Remise du Prix Jeune Chercheur 2015 décerné par: AFIM, INRIA, IRISA, Université Rennes 2, et financé par l'Université Rennes 1, "Journée Science et Musique", Rennes, 25 septembre 2015.

### ■ Activités d'enseignement

Moreno Andreatta: Modèles formels dans la chanson, Licence chansons française, Université Bordeaux-Montaigne, 3h

Moreno Andretta, Jean Bresson: Module "Modèles mathématiques/informatiques pour la création musicale", Master AST (Art, Science et Technologie), PHELMA/INP Grenoble, 14-15/01/2015 (12h) et 1-8/12/2015 (12h).

Dimitri Bouche: Chargé de TD "Informatique 1 - langage C" EPU-I5-IGE (niveau L3), Polytech' Paris UPMC (27h)

Jean Bresson, Jérémie Garcia, Jérôme Nika. Cours de composition et d'informatique musicale IRCAM. CAO, spatialisation et improvisation (3h).

Jean Bresson, Jérémie Garcia. Ateliers de composition de l'Académie / Manifeste 2015. Entrées et interfaces gestuelles en CAO.

Jean Bresson. Master ATIAM. TD OpenMusic. 17/11/2015. (3h)

Héliante Caure: 108h de TD en L1 MIPI à l'UPMC dans l'UE 1M002 Suites, Intégrales, Algèbre linéaire.

Héliante Caure: 3h de cours magistral au M2 Atiam dans l'UE Informatique musicale les notions de pavages rythmiques.

Arshia Cont: Formation Métier du Son (CNSMDP), 2h/semaine.

Mikhail Malt: ATIAM, Musicologie Computationnelle (UE Fondamentaux pour ATIAM), 3h

Mikhail Malt: Formation professionnelle IRCAM "OpenMusic I & II". 9-10/03/2014. (24h)

Esling, P., M2 ATIAM, UE Projet interdisciplinaire (10h TD)

Esling, P., M2 ATIAM, UE Music Machine Learning (12h CM - 6h TP)

Esling, P., M2 ATIAM, UE Paradigmes de programmation en informatique musicale (18h CM).

Esling, P., M2 ATIAM, UE Insertion professionnelle (9h CM + 15h TD).

Esling, P., M2 ATIAM, UE Projet interdisciplinaire (10h TD)

Esling, P., M2 ATIAM, UE Music Machine Learning (12h CM - 6h TP)

Esling, P., M1 STL UPMC, UE Développement d'un langage de programmation (40h TD)





Esling, P., M1 STL UPMC, UE Programmation Concurrente Réactive et Répartie (40h TD)  
 Esling, P., M1 STL UPMC, UE Projet (10h TD)  
 Esling, P., M1 DMKM, Data mining and optimization (16h TD)  
 Esling, P., L3 Pro. UPMC, UE Programmation Java sur plateformes embarquées (20h CM + 20h TD)  
 Esling, P., L3 STL UPMC, UE Modeles de programmation et interopérabilité des langages (40h TD).

#### ■ Ateliers/workshops, événements artistiques:

Gérard Assayag, Georges Bloch, Benjamin Lévy, Mikhail Malt, Stage d'improvisation assistée par Ordinateur, Ircam, ircam 16-17 janvier 2015, (12h).  
 Assayag Gérard, Nika Jérôme, Fox Rémi, Workshop "Le musicien et la machine", présentation et performances, Montreux Jazz Festival 2015, Montreux, Suisse, 17 juillet 2015.  
 Georges Bloch, Hervé Sellin, "Edith Piaf, Elizabeth Schwarzkopf, Billie Holiday, tre donne del 1915", performance multimédia utilisant le système ImproteK, Festival interazionale «pietre che cantano», L'Aquila, 21 août 2015.  
 Philippe Cuvillier, José Echeveste: 1er workshop utilisateur Antescofo, à l'occasion du Forum IRCAM, novembre 2015 (6 présentations, une trentaine de participants).  
 Mikhail Malt, Séminaire de Master I (classe du prof. Marc Battier), Sorbonne, Paris IV, Clignancourt, salle 125, le 07 mars 2015 (3h).  
 Mikhail Malt, Workshop OMAX, UNESP (Université de l'Etat de São Paulo), dans le cadre du Forum Ircam hors les murs, 6 novembre 2015 (4h).  
 Mikhail Malt, Max Initiation, 6-7 février 2015 (12h)  
 Mikhail Malt, Stage et Workshop d'informatique Musicale, dans le cadre de l'Académie d'été Ircam, du 8 au 27 Juin 2015 (36h de cours magistraux & 48 de travaux pratiques)  
 Mikhail Malt, Cours de CAO, analyse du signal et synthèse sonore, dans le cadre du Cours de composition et d'informatique musicale de l'Ircam, (87h)  
 Mikhail Malt, Stage d'initiation OpenMusic, dans le cadre des formations Ircam, 16-17 octobre 2015 (12h).  
 Mikhail Malt, Stage avancé OpenMusic, dans le cadre des formations Ircam, 11-12 décembre 2015 (12h)  
 Mikhail Malt, Formation Max pour pour le SPAT, 23-24 novembre 2015, Ircam (12h)  
 Tsubasa Tanaka, presentation event by Japanese researchers on August 3rd 2015 in IRCAM.

- A loop sequencer that selects music loops based on the degree of excitement, Tetsuro Kitahara, Kosuke Iijima, Misaki Okada, Yuji Yamashita and Ayaka Tsuruoka

- A Tambourine Support System to Improve the Atmosphere of Karaoke, Takuya Kurihara, Naohiro Kinoshita, Ryunosuke Yamaguchi and Tetsuro Kitahara
- Music Content Driven Automated Choreography with Beat-wise Motion Connectivity Constraints., Satoru Fukayama and Masataka Goto

Lara Morciano, 18 avril : création suisse à Biel de Raggi di stringhe pour violon et électronique, commande de l'Ircam - Centre Pompidou  
 Lara Morciano, 4 juin à Geneve, ensemble Vortex, concert avec Raggi di stringhe  
 Lara Morciano, juillet 2015: résidence au ZKM de Karlsruhe pour préparer l'œuvre audio-visuel Octaédrite, première présentation publique de l'esquisse le 24 juillet dans le Kubus  
 Lara Morciano, Octobre 2015: composition de la musique pour le film de Lara Hirzel «Les atomes»  
 Présentation à La Femis le 4 décembre, puis le 14 janvier 2016  
 Lara Morciano, novembre 2015 - Résidence au 104 à Paris pour préparer l'installation Octaédrite  
 Lara Morciano, 5 décembre 2015-31 janvier 2016, installation au 104 dans le cadre de l'exposition «Prosopopées: quand les objets prennent vie» dans la Biennale Internationale d'arts numériques – Nemo 2015  
 Lara Morciano, Le 3 octobre à Venise: création de Estremo d'ombra, pour 5 solistes et électronique, commande de l'Ircam – Centre Pompidou et de La Biennale de Venise

#### ■ Organisation de séminaires et conférences

International Conference on Technologies for Music Notation and Representation (TENOR'15)  
 Organisation IReMus/IRCAM/Grame/INA-GRM/LAM Sorbonne Université – Ircam, Paris. 28-29-30 mai 2015.  
 TENOR Steering Committee: Jean Bresson (Ircam), Pierre Couprie (IReMus), Dominique Fober (Grame), Yann Gestin (INA-GRM), Richard Hoadley (Anglia Ruskin University), Mike Solomon. <http://tenor-conference.org/>  
 Mathemusical Conversations: mathematics and computation in performance and composition  
 International workshop jointly hosted by the Yong Siew Toh Conservatory of Music and the Institute for Mathematical Sciences organised in collaboration with the Centre for Digital Music, Queen Mary University of London and the Sciences and Technologies for Music and Sound Research Lab, Institut de Recherche et Coordination Acoustique/Musique (G. Assayag), and in partnership with Raffles Institution.  
 Mathemusical Conversations celebrates the understanding of the essence of music through mathematics, with a special focus on performance and composition. It is organised through a series of thematic session: Mathemusical Engagement, Mathemusical Creativity, Human and Machine Intelligence, Canons, Shaping



Performance, Educating the Mathemusal, and geometries. Pieces by Daniele Ghisi (Come di tempeste) and Omax performances by Gérard Assayag were given among a series of concerts at the Yong Siew Toh Conservatory.

#### Participants:

- Noam Elkies, Harvard University;
- Moreno Andreatta, IRCAM-CNRS;
- Clifton Callender, Florida State University;
- John Rink, Cambridge University;
- Christopher Raphael, Indiana University Bloomington;
- Stephen Emerson, Griffith University & Bernard Lanskey National University of Singapore;
- Gérard Assayag, STMS (Ircam-CNRS-UPMC);
- Yang Jian, Nanjing University of the Arts;
- Jeanne Bamberger, MIT/UC Berkeley;
- Don McLean, University of Toronto;
- Richard Cohn, University of Sydney / Yale University;
- Dmitri Tymoczko, Princeton University;
- Jean-Louis Giavitto, Ircam-CNRS;
- Paul Schoenfield, University of Michigan;
- Eran Egozy, Harmonix Music Systems / MIT;
- Elaine Chew, Queen Mary University of London;
- Jean-Pierre Bourguignon, director of the European Research Council;
- Margaret Boden, University of Sussex.

#### ■ Montreux Jazz Festival International Workshop:

##### LE MUSICIEN ET LA MACHINE

Organisé par Gérard Assayag. Vendredi 17 juillet, Petit Palais, présenté par Gérard Assayag, Georges Bloch, et Jérôme Nika (doctorant), Rémi Fox (Saxophone)

La créativité artistique semble être l'apanage de l'humain, en particulier celle qui s'exprime lors de l'acte de composition ou d'improvisation musicale. Cependant, des algorithmes sont capables depuis longtemps de générativité et sont utilisés par les musiciens dans des environnements de composition assistée par ordinateur ou d'interaction improvisée, tel le logiciel OMax de l'Ircam. Ces agents numériques font aussi preuve d'une forme de "créativité" computationnelle (machine musicianship) permettant de créer des situations de jeu inédit avec les musiciens qui apprécient de tels partenaires à la fois fantasques et rigoureux, capables d'apprentissage en temps réel, de mimétisme et de variations inspirantes. L'Ircam mène avec plusieurs partenaires, dont l'EHESS, l'UBO, l'Inria et l'EPFL, et en interaction avec le Festival de Montreux, le projet DYCI2 (Dynamiques créatives de l'interaction improvisée) soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche, qui permet d'explorer ces idées non seulement dans le cadre de la

musique vivante, mais aussi dans une relation renouvelée et créative aux archives audiovisuelles - en particulier bien sur celles, exceptionnelles, du Festival. Le workshop a permis d'expliquer, de démontrer, et de mettre en œuvre ces idées en interaction directe avec les artistes.

#### ■ "Interactivity in Music Composition and Performance". Efficace international workshop CIRMMT, Montréal, 5/05/2015.

<http://repmus.ircam.fr/efficace/events/workshop-cirmmt>  
Avec la participation de Joel Chadabe, John MacCallum (CNMAT/UC Berkeley), Teoma Naccarato, Christopher Dobrian (UC Irvine), Sandeep Bhagwati (Concordia University), Adam Basanta (Concordia University), Marcello Giordano (McGill University), Thibaut Carpentier (Ircam - UMR STMS), Jérémie Garcia (Ircam - UMR STMS), Marcelo Wanderley (IDMIL - McGill University), Marlon Schumacher (IDMIL - McGill University).

#### ■ Groupe de travail AFIM "Les nouveaux espaces de la notation musicale" (2013-2015)

Coordination Dominique Foer (Grame), Jean Bresson (IRCAM), Pierre Couprie (MINT-OMF, Université Paris Sorbonne), Yann Geslin (INA/GRM). <http://notation.afim-asso.org/doku.php/evenements>  
Journée d'étude #3, INA-GRM. 06/02/2015. Avec la participation de Karim Barkati (Weezic), Jean Bresson (IRCAM), Robert Piéchaud, Filipe Lopes, Dominique Foer (GRAME), Pierre Couprie (IReMus).

#### ■ Création du Groupe Musical - Interaction, Calcul, Algorithmique et Langages appliqués à la Musique

Membre du Réseau National des Systèmes Complexes (RNSC)

Coordination Jean Bresson (IRCAM), en partenariat avec AlgoMus (Université de Lille 3 et Université de Picardie Jules Verne), Grame (Lyon), LaBRI (Bordeaux).

<http://repmus.ircam.fr/musical/>

Première journée de rencontre, université de Picardie Jules Verne, Amiens, 14/12/2015.

Avec la participation de David Janin (LaBRI), Dominique Foer (Grame), Emmanuel Leguy et Mathieu Giraud (université de Lille, CRISTAL/Algomus), Jean Bresson, Florent Jacquemart, Adrien Ycart (IRCAM), Florence Levé (université de Picardie Jules Verne, MIS/Algomus), et Alice Tacaille (IReMus).

#### ■ Séminaire MaMuX

Coordination Hélianthe Caure et Grégoire Genuys (Réseau du RNSC - coordination J. Bresson)

- 23/01/2015: Bande dessinée. Avec la participation de Zviane et Geoffroy Monde;



- 6/02/2015 : Tempéraments et visualisations. Avec la participation de Gilles Baroin (mathématicien), André Calvet (accordeur) et Stéphane Marcand (CEA);
- 6/03/2015 : Other Harmony. Avec la participation de Tom Johnson, Emmanuel Amiot, et Franck Jedrzejewski;
- 3/04/2015 : Modern Music, Shapes and Persistence. Avec la participation de Mattia Bergomi (Ircam), Massimo Ferri (Bologna University), et Barbara Di Fabio (Bologna University);
- 20 novembre 2015 : Musique, Emotions et Perception. Avec la participation de Hervé Platel (université de Caen), Pierre-Henri Vuilliard (SCRIME/LaBRI), et Yohana Lévêque (Inserm).

#### ■ Groupe de Travail Rythme/Temps Musical

Coordination M. Malt, K. Haddad (IRCAM)

<http://repmus.ircam.fr/rythme/>

#### ■ Groupe de Travail orchestration.

Coordination P. Esling, E. Daubresse

### ÉQUIPE ANALYSE DES PRATIQUES MUSICALES

#### ■ Articles dans des revues à comité de lecture

- Canonne, C. «Le piano préparé comme "esprit élargi" de l'improvisateur : Une étude de cas autour du travail récent d'Eve Risser», *Musimédiane : revue audiovisuelle et multimédia d'analyse musicale*, 2015, n° 8 [canonne:hal-01253453] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253453>
- Canonne, C., Garnier, N. «Individual Decisions and Perceived Form in Collective Free Improvisation», *Journal of New Music Research*, 2015 vol.44, n° 2, pp.145-167 [canonne:hal-01253451] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253451>
- Canonne, C. «Improvisation and Compositional Process in Karl Naegelen, Fenêtre Ovale», *Critical Studies in Improvisation*, 2015 vol.10, n° 1 [canonne:hal-01253455] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253455>
- Donin, N. «La musique, objet génétique non identifié ?», *Littérature*, 2015, n° 178, pp.105-116 [donin:hal-01253352] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253352>
- Donin, N. «Engagements créatifs. Luciano Berio, Heinz Holliger et la Sequenza VII pour hautbois», *Genesis (Manuscrits - Recherche - Invention)*, 2015, n° 41, pp.103-117 [donin:hal-01253477] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253477>
- Donin, N., Feneyrou, L. «Analisar a criação musical», *OPUS Revista Eletrônica da ANPPOM*, 2015 vol.21, n° 2, pp.9-16 [donin:hal-01253472] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253472>
- Donin, N., Ferrer, D. «Auteur(s) et acteurs de la genèse», *Genesis (Manuscrits - Recherche - Invention)*, 2015,

- n° 41, pp.7-26 [donin:hal-01253475] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253475>
- Feneyrou, L. (trad.) «Virgilio Giotti. Neuf poèmes, deux proses et sept dessins», *Conférence*, 2015, n° 41, pp.179-224 [feneyrou:hal-01257982] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257982>
- Feneyrou, L. «Pierluigi Billone. O som é a minha matéria», *Opus*, 2015 vol.XXI, n° 2, pp.209-220 [feneyrou:hal-01257986] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257986>
- Feneyrou, L. «...stella tenax... Variações sobre as Vanitês de Brice Pauset», *Opus*, 2015 vol.XXI, n° 2, pp.51-114 [feneyrou:hal-01257990] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257990>
- Feneyrou, L. «Ecologie/Ecoute», *Il Particolare*, 2015, n° 29-30, pp.81-92 [feneyrou:hal-01257980] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257980>
- Féron, F.-X. «Enjeux et évolution du système de notation dans Pression pour un(e) violoncelliste de Helmut Lachenmann», *Circuit : musiques contemporaines*, 2015 vol.25, n° 1, pp.55-66 [feron:hal-01248471] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01248471>

#### ■ Ouvrages et chapitres d'ouvrages

- Canonne, C., Saint-Germier, P. (eds.), *Jerrold Levinson, Essais de Philosophie de la Musique*, Vol. 1, Vrin, 2015, [canonne:hal-01253445] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253445>
- Donin, N. «Sonic Imprints: Instrumental Resynthesis in Contemporary Music» in G. Borio (ed.) *Musical Listening in the Age of Technological Reproduction*, Ashgate, 2015, pp.323-341, [donin:hal-01253353] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253353>
- Donin, N. «Artistic Research and the Creative Process: The Joys and Perils of Self-Analysis» in G. Nierhaus (ed.) *Patterns of Intuition: Musical Creativity in the Light of Algorithmic Composition*, Springer, 2015, pp.349-357, [donin:hal-01253355] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253355>
- Donin, N., Ferrer, D. (eds), *Créer à plusieurs mains [Genesis, n° 41]*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, 2015, [donin:hal-01253465] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253465>
- Donin, N., Grésillon, A., Lebrave, J.-L. (eds.), *Genèses musicales*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, 2015, [donin:hal-01253356] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253356>
- Donin, N., Lebrave, J.-L., Grésillon, A. «La génétique musicale en perspective» in *Genèses musicales*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, 2015, pp.7-17, [donin:hal-01253357] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253357>



- Donin, N., Theureau, J. «Le sentiment de la forme. Analyse génétique et cognitive de la composition d'un mouvement d'Apocalypsis par Philippe Leroux» in N. Donin, A. Grésillon, J-L Lebrave (eds.) *Genèses musicales*, Presses Universitaires de Paris-Sorbonne, 2015, pp.101-128, [donin:hal-01253458] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253458>
- Feneyrou, L. «'Il est minuit sur les colonnes d'Hercule'» in A. Bonnet, F. Marteau (eds.) *Le Choix d'un poème. La poésie saisie par la musique*, Presses universitaires de Rennes, 2015, [feneyrou:hal-01257973] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257973>
- Feneyrou, L. (ed), Virgilio Giotti, *Notes inutiles*, Editions de la revue *Conférence*, 2015, [feneyrou:hal-01257950] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257950>
- Feneyrou, L. «Poésie et histoire» in Virgilio Giotti, *Notes inutiles*, Editions de la revue *Conférence*, 2015, [feneyrou:hal-01257974] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257974>
- Feneyrou, L. (ed.) «...virag az ember... L'homme est une fleur» in G. Vinay, A. Desvaux (ed.) Giovanni Morelli, *la musicologie hors d'elle*, L'Harmattan, 2015, [feneyrou:hal-01257957] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257957>
- Feneyrou, L. «Séries en série» in Gilles Deleuze. *La pensée-musique*, CDMC, 2015, [feneyrou:hal-01257961] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257961>
- Magalhães, M. A. (ed.), *OPUS Revista Eletrônica da ANPPOM*. Setembro 2015. Edição especial, vol.21, n° 2, 2015.
- **Comptes rendus d'ouvrages**
- Canonne, C. «Recension de Matthieu Saladin, *Esthétique de l'improvisation libre*, Presses du Réel, 2014», *Volume! La revue des musiques populaires*, 2015 vol.11, n° 2, pp.175-178 [canonne:hal-01253462] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253462>
- Canonne, C. «Recension de Jerrold Levinson, *La musique sur le vif*, traduit de l'anglais par Sandrine Darsel, Presses Universitaires de Rennes, 2013», *Revue de musicologie*, 2015 vol.100, n° 2, pp.264-269 [canonne:hal-01253464] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253464>
- Canonne, C. «Review of Tiger C. Roholt, *Groove: A Phenomenology of Rhythmic Nuance*, Bloomsbury, 2014», *Notre Dame Philosophical Reviews*, 2015 [canonne:hal-01253459] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01253459>
- Feneyrou, L. «Ecrits sur la musique et les musiciens. György Ligeti», *Dissonance*, n° 132, 2015, p. 56-58 [feneyrou:hal-01257995] <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01257995>
- **Dissémination**
- Donin, N., «Francesco Filidei, effets et geste», *Libération*, n° 10508, lundi 2 mars 2015, p. 24.
- Donin, N., «Des compositeurs hors piste», *Libération*, n° 10508, lundi 2 mars 2015, p. 25.



