

# Projet d'activité **2005**

Rapport de synthèse  
Rapport détaillé

*Relectures : Claire Marquet*

*Mise en page : Ghislaine Montagne*

# SOMMAIRE

.....	1
<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>6</b>
<b>PREMIERE PARTIE :</b> .....	<b>7</b>
<b>RAPPORT DE SYNTHÈSE</b> .....	<b>7</b>
<b>RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT</b> .....	<b>8</b>
<b>CREATION ET DIFFUSION MUSICALES</b> .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>PEDAGOGIE</b> .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>RELATIONS EXTERIEURES</b> .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>MEDIATHEQUE ET BUREAU D'ETUDES</b> .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>MISSION DE COORDINATION ARTISTIQUE ET SCIENTIFIQUE</b> ..	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>ACTIONS TRANSVERSALES</b> .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>DEUXIEME PARTIE :</b> .....	<b>9</b>
<b>RAPPORT DETAILLE</b> .....	<b>9</b>
<b>RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT</b> .....	<b>10</b>
1 ACOUSTIQUE.....	10
1.1 Acoustique instrumentale.....	10
1.2 Spatialisation - Acoustique des salles.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
1.3 Design sonore .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2 PERCEPTION ET COGNITION MUSICALES .....	10
2.1 Analyse et codage sensoriel du signal .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2.2 Analyse des scènes auditives.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2.3 Perception des attributs auditifs et des sources sonores.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2.4 Cognition musicale.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
3 ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS .....	11
3.1 Modèles d'analyse et de synthèse du signal audio.....	11
3.2 Traitement de la voix.....	13
3.3 Nouveaux outils pour l'analyse musicale .....	14
3.4 Traitement par le contenu et multimédia .....	15
3.5 Modèles physiques de production sonore .....	16
3.6 Développements .....	18
4 REPRESENTATIONS MUSICALES .....	19
4.1 Segmentation et reconnaissance de patterns dans la musique : perception, analyse, modélisation. <i>Erreur! Signet non défini.</i>	
4.2 Musicologie computationnelle, analyse.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.3 Modèles pour l'improvisation par / avec l'ordinateur .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.4 Contrôle de l'analyse et de la synthèse du signal à partir d'OpenMusic ..	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.5 Articulations CAO / temps réel .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>

4.6	Reconnaissance et analyse du rythme formel.....	Erreur! Signet non défini.
4.7	Développements OpenMusic.....	Erreur! Signet non défini.
5	FORMULATION DU MUSICAL.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
5.1	Écoutes signées.....	Erreur! Signet non défini.
5.2	Analyse génétique de musique contemporaine.....	Erreur! Signet non défini.
5.3	Formulation des activités musicales.....	Erreur! Signet non défini.
5.4	Historicité des prothèses perceptives : l'écriture des guides d'écoutes....	Erreur! Signet non défini.
5.5	Pratiques musicales et conception technico-organisationnelle des situations musicales	Erreur!
	<b>Signet non défini.</b>	
5.6	Pratiques et des situations autres que musicales.....	Erreur! Signet non défini.
5.7	Projet « cours d'action ».....	Erreur! Signet non défini.
5.8	L'activité cognitive des compositeurs.....	Erreur! Signet non défini.
6	APPLICATIONS TEMPS REEL.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
6.1	Ensemble d'objets SDIF et d'outils d'analyse/synthèse pour Max/MSP..	Erreur! Signet non défini.
6.2	Outils d'analyse et de suivi pour la parole et la voix chantée.....	Erreur! Signet non défini.
6.3	Outils graphiques.....	Erreur! Signet non défini.
6.4	Intégration de Max/MSP avec des outils complémentaires.....	Erreur! Signet non défini.
6.5	Captation et analyse du mouvement.....	Erreur! Signet non défini.
7	LOGICIELS LIBRES ET INGENIERIE LOGICIELLE.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
7.1	Logiciels libres.....	Erreur! Signet non défini.
7.2	Développement et valorisation de jMax.....	Erreur! Signet non défini.
7.3	Architectures distribuées.....	Erreur! Signet non défini.
8	SERVICES EN LIGNE.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
8.1	Projet SemanticHIFI.....	Erreur! Signet non défini.
8.2	Développements internes.....	Erreur! Signet non défini.
	<b>CREATION ET DIFFUSION MUSICALES.....</b>	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1	CRÉATION MUSICALE.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
1.1	La sélection des compositeurs.....	Erreur! Signet non défini.
1.2	Les compositeurs en production.....	Erreur! Signet non défini.
1.3	Les compositeurs en recherche.....	Erreur! Signet non défini.
1.4	Les compositeurs du cursus de composition et d'informatique musicale	Erreur! Signet non défini.
1.5	Les portages.....	Erreur! Signet non défini.
2	LA DIFFUSION DE LA CRÉATION MUSICALE.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
2.1	La saison musicale parisienne.....	Erreur! Signet non défini.
2.2	Le festival Agora 2004 (du 2 au 16 juin 2004).....	Erreur! Signet non défini.
2.3	Résonances 2004 (du 13 au 22 octobre 2004).....	Erreur! Signet non défini.
2.4	Les tournées.....	Erreur! Signet non défini.
2.5	Le Réseau Varèse.....	Erreur! Signet non défini.
2.6	Les enregistrements discographiques.....	Erreur! Signet non défini.
	<b>PEDAGOGIE.....</b>	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1	FORMATIONS À LA COMPOSITION ET À L'INFORMATIQUE MUSICALE.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
1.1	Cursus de composition et d'informatique musicale.....	Erreur! Signet non défini.
1.2	Stage de composition et d'informatique musicale.....	Erreur! Signet non défini.
1.3	Académie d'été Ircam/EIC/Acanthes 2004.....	Erreur! Signet non défini.
2	STAGES LOGICIELS.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
2.1	Traitement du son.....	Erreur! Signet non défini.
2.2	Composition assistée par ordinateur.....	Erreur! Signet non défini.
2.3	Interaction temps réel.....	Erreur! Signet non défini.
3	AUTRES FORMATIONS COURTES.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
3.1	Stages vidéo temps réel.....	Erreur! Signet non défini.
3.2	Stages design sonore.....	Erreur! Signet non défini.
3.3	Stage Spatialisateur dans ProTools.....	Erreur! Signet non défini.
3.4	Stage captation du geste pour le théâtre et pour la danse.....	Erreur! Signet non défini.
4	FORMATIONS UNIVERSITAIRES.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.
4.1	DEA Atiam.....	Erreur! Signet non défini.
4.2	DEA musique, histoire, société.....	Erreur! Signet non défini.
4.3	DESS jeux vidéo et médias interactifs.....	Erreur! Signet non défini.
5	FORMATIONS SCOLAIRES.....	ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.

## SOMMAIRE

5.1	Ateliers Musique Lab.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
5.2	Atelier « Jupiter » .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
5.3	Ateliers découverte .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
5.4	Complément visite .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
<b>RELATIONS EXTERIEURES .....</b>		<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1	LES PROJETS NATIONAUX ET EUROPEENS .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1.1	Coordination selon les orientations scientifiques.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
1.2	Nouvelles formes de médiation de la musique : développement des écoutes signées et des projets du Studio hypermédia .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
1.3	Coordination avec le pôle spectacle.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2	VALORISATION ET FORUM .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
2.1	Forum Ircam et retour d'usage .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2.2	Stratégie d'externalisation.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
2.3	Stratégie « logiciels libres » .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
3	ÉDITION ET STUDIO HYPERMEDIA.....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
3.1	Maquettes et outils du Studio hypermédia .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
3.2	Activités éditoriales .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4	RESONANCES 2004 ET ACTIONS DE COMMUNICATION.....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
4.1	Programme des Résonances 2004 et articulation avec Agora .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.2	Fichiers et supports de communication .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.3	Relations presse et communication internationale.....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.4	Salons et conférences .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
4.5	Liste des collaborations citées .....	<i>Erreur! Signet non défini.</i>
<b>BUREAU ETUDES ET METHODES.....</b>		<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1	SYSTEMES D'INFORMATION DE L'IRCAM .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
2	SUPPORT ET DEVELOPPEMENT SUR LA PLATE-FORME PC/WINDOWS .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
3	DEVELOPPEMENT DE SYSTEME GENERIQUE POUR LA NUMERISATION ET LA DIFFUSION	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
		<b>NON DÉFINI.</b>
4	COLLABORATIONS AVEC LE STUDIO HYPERMEDIA .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
5	FORMATION SUR LA NUMERISATION .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
6	RESEAUX SAVANTS .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
<b>MEDIATHEQUE .....</b>		<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
1	LES FONDS .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>
2	CONSTITUTION D'ARCHIVES DE LA CREATION .....	<b>ERREUR! SIGNET NON DÉFINI.</b>

# INTRODUCTION

*Directeur : Bernard Stiegler*

**Première partie :**  
**RAPPORT DE SYNTHÈSE**

# RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

*Directeur scientifique : Hugues Vinet*

Les projets de recherche et de développement prévus pour l'année 2004 traduisent la mise en œuvre de nouvelles orientations tant d'ordre organisationnel, dans les rapports entretenus entre équipes et avec la communauté musicale de l'Ircam, que dans les contenus des travaux. Ils concrétisent la mise en place d'une nouvelle politique de recherche définissant ses principaux objectifs à court, moyen et long terme dans leur rapport aux problématiques intéressant la communauté artistique de l'Ircam. Les enjeux de développement logiciel font également l'objet d'une nouvelle approche, qui concerne notamment en 2004 la finalisation du logiciel AudioSculpt. De plus, le p

....

.....

.....

**Deuxième partie :  
RAPPORT DÉTAILLÉ**

# RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

*Directeur scientifique : Hugues Vinet*

## 1 ACOUSTIQUE

### 1.1 Acoustique instrumentale

*Responsable : René Caussé*

La recherche comprend toujours des phases différentes à la fois dans son avancement, dans la qualité des résultats qu'elle produit, mais aussi pour les applications qui en découlent. Aujourd'hui, l'équipe se trouve dans une phase fertile en résultats qui, d'une part, apportent des réponses à des questions scientifiques posées depuis de nombreuses années et, d'autre part, permettent d'envisager des applications musicales. La thèse soutenue en 2003 dans l'équipe Acoustique instrumentale en est la parfaite illustration. Cette année deux autres thèses s'achèveront dont les premiers résultats sont très prometteurs.

....  
.....  
.....

## 2 PERCEPTION ET COGNITION MUSICALES

*Responsable : Stephen McAdams*

L'objectif principal des travaux de l'équipe est l'étude des représentations sensorielles et mentales, ainsi que des processus de traitement qui interviennent dans la perception des attributs musicaux et des relations entre ces attributs, la reconnaissance des sources sonores et la compréhension des structures musicales. Les mécanismes de base, considérés comme des processus d'analyse des signaux musicaux du point de vue de l'auditeur, doivent

....  
.....  
.....

## 3 ANALYSE ET SYNTHÈSE DES SONS

*Responsable : Xavier Rodet*

L'équipe Analyse et Synthèse des sons mène des recherches et développements en analyse, transformation et synthèse des signaux sonores. La maturité des logiciels d'analyse, utilisables désormais directement par les musiciens, est une évolution marquante, tout comme l'implémentation 'temps réel' de méthodes de synthèse puissantes dans les environnements de l'Ircam SuperVP, AudioSculpt et Max. Elle ouvre en conséquence, la possibilité d'étendre la palette des techniques d'analyse en fonction des besoins, des applications et même des sons, et bien sûr enrichit les méthodes de contrôle et de synthèse. Parmi les orientations notables pour l'année à venir, on peut citer l'accent mis sur le développement et l'utilisation de larges bases de données, l'extension des informations qui peuvent être extraites automatiquement du signal audio et la possibilité d'utiliser un ensemble de modèles physiques d'instruments entretenus. Ces évolutions marquantes guident les nouvelles directions prises par les recherches en modèles de signaux et modèles physiques et en développement, et permettent de proposer de nouvelles voies de recherches en particulier dans les groupes de travail avec les compositeurs.

### 3.1 Modèles d'analyse et de synthèse du signal audio

Les méthodes modernes d'analyse-synthèse du signal audio sont de plus en plus fondées sur des calculs statistiques. En effet, les méthodes "guidées par le contenu" semblent en général être plus performantes que celles fondées uniquement sur les connaissances supposées de l'expert. C'est pourquoi il importe de disposer de bases de données de grande taille, couvrant de larges contextes et pourvues de méta-données obtenues manuellement ou, de préférence, automatiquement. Ces bases de données servent de référence pour l'apprentissage, notamment supervisé, ou pour l'évaluation des méthodes d'analyse et de classification. Par ailleurs, de nouvelles recherches sont lancées pour caractériser plus finalement le signal dans toutes ses propriétés spectrales et temporelles. Ces caractéristiques conditionnent en effet la forme et donc la qualité des transformations appliquées aux signaux sonores.

#### 3.1.1 Bases de données audio pour l'apprentissage et la référence

La constitution de bases de données est essentielle, non seulement pour l'équipe Analyse et Synthèse mais aussi pour de nombreuses autres équipes de l'Ircam. Ce travail sera effectué en partie dans le cadre du projet Music Discover de l'ACI « Masse de Données » obtenue par l'équipe pour 3 ans et en collaboration avec d'autres centres de recherche, et servira dans différents projets. Les principaux points à traiter sont :

- recueil ou enregistrements de corpus de sons et musiques ;
- mise en formes des fichiers, analyses et ajouts de méta-données ;
- documentation et mise à la disposition des utilisateurs sur réseau.

*Participants : C. Yeh (Thèse), A. Livshin (Thèse), étudiant (stage)*

*Collaborations internes : J. Escribe, équipes Applications Temps Réel, Systèmes Informatiques et Services en Ligne*

*Collaborations extérieures : G. Richard (ENST), L. Chen (LIRIS).*

### 3.1.2 Classification et segmentation des composantes spectrales

Les travaux de l'équipe sur la classification des composantes spectrales en composantes bruitées, sinusoïdales et transitoires seront poursuivis et seront progressivement intégrés dans les logiciels SuperVP et AudioSculpt. Les principaux points d'étude seront :

- détection, classification et marquage des régions temps-fréquence transitoires/sinusoïdales/bruitées ;
- amélioration de la classification de régions temps-fréquence voisées/non-voisées ;
- re-mixage des composantes transitoires/sinusoïdales/bruitées ;
- suppression, copie et insertion de régions temps-fréquence, avec remplissage des trous (spectral band replication) ;
- préservation ou suppression des événements courts (clics) et des fins des notes (important pour le temps renversé) ;
- préservation des caractéristiques sonores des composantes bruitées.

*Participant : A. Roebel*

*Collaborations extérieures : M. Zivanovic (université de Pampelune)*

### 3.1.3 Extensions du vocodeur de phase

Le principe du vocodeur de phase est à la base du logiciel SuperVP, et est utilisé pour de nombreuses analyses et traitements. Des recherches seront menées pour étendre ses possibilités en introduisant des méthodes plus spécifiques ou plus performantes :

- développement d'une méthode « shape invariant » dans le principe du vocodeur de phase,
- développement d'un spectrogramme réassigné
- développement d'un spectrogramme avec pondération (mask) psychoacoustique
- adaptation automatique de la taille de la fenêtre.
- contrôle temps réel.

*Participant : A. Roebel*

### 3.1.4 Estimation de fréquences fondamentales multiples

L'algorithme d'estimation de fréquences fondamentales ( $F_0$ ) multiples développé l'année dernière est fondé sur trois principes: l'accord entre spectre observé et spectre attendu, la douceur de l'enveloppe spectrale et la synchronisation de l'évolution des amplitudes d'une source. Il a été évalué sur une base de donnée d'échantillons de divers instruments artificiellement mixés et les résultats sont prometteurs. Pour l'année qui vient, nous allons travailler sur la modélisation de la probabilité de chaque candidate  $F_0$  et la continuité des trajectoires des  $F_0$  afin de d'obtenir un système complet d'estimation de  $F_0$  multiples pour les enregistrements polyphoniques simples. L'évaluation de ce système sera aussi étudiée en collaboration avec le projet d'Alignement de Partition et sur des enregistrements réels. Ce travail sera effectué en partie dans le cadre du projet Music Discover de l'ACI « Masse de Données » obtenue par l'équipe et servira dans d'autres travaux, comme la reconnaissance des instruments.

*Participants : C. Yeh (Thèse), A. Roebel*

*Collaborations internes : J. Escribe, A. Livshin (thèse)*

*Collaborations extérieures : G. Richard (ENST), L. Chen (LIRIS), S. Dubnov (université de San José).*

### 3.1.5 Plate-forme de synthèse avec contrôle haptique et graphique

Le projet PHASE (Plate-Forme Haptique d'Aide à la Synthèse et à l'Éveil musical) a été soutenu par le réseau RIAM. C'est un projet d'étude de contrôle interactif de synthèse musicale comprenant un contrôle haptique, une aide graphique et un système de synthèse musicale de haute qualité dans l'environnement Max. Parmi ses applications on peut citer l'éveil musical de l'utilisateur par la focalisation sur l'écoute, le jeu d'un instrument élaboré et la navigation dans des scénarios musicaux interactifs. L'un de ses résultats est une installation testée en public avec grand succès pendant 3 mois au Centre G. Pompidou.

Les objectifs pour 2005 sont de continuer de développer cette installation et de la proposer à divers publics dans d'autres lieux, en France et à l'étranger.

*Participants : X. Rodet, J.-P. Lambert, R. Cahen.*

*Collaboration interne : équipe Applications temps réel*

*Collaborations extérieures : C. Andriot (Laboratoire CEA-List), F. Gosselin (société Haption), P. Mobuchon (société Ondim), F. Guedy (Atelier de Feuillantines)*

## 3.2 Traitement de la voix

Dans le cadre de productions internes ou extérieures à l'Ircam, de nombreuses demandes concernent le traitement de la voix. Une première recherche, dans le cadre d'une thèse, est centrée sur la transformation de l'identité d'une voix source en celle d'une voix cible. La synthèse de la parole par Sélection d'Unités sera aussi poursuivi dans des stages. Dans le cadre des groupes de travail « Voix » et « Orchestration », des travaux seront menés avec des compositeurs, d'une part sur le projet d'une orchestration qui se rapprocherait d'une voix, d'autre part sur le passage continu entre voix parlée et voix chantée. Enfin des travaux sur la voix chantée seront menés en collaboration avec des laboratoires étrangers.

### 3.2.1 Reconstitution d'une voix parlée

Ce projet a pour but la reconstitution de la voix d'un locuteur en continuité des travaux commencés dans les années précédentes. Les outils développés seront complétés dans la mesure des moyens disponibles et appliqués à un large enregistrement d'un locuteur. Au cours de cette année, seule une maquette d'un système complet pourra être testée. Un nouveau texte pourrait alors être lu par ce modèle comme si le locuteur l'avait prononcé. Un format SDIF spécifique pour représenter tous les aspects de la parole sera créé.

*Participants : X. Rodet, G. Peeters, A. Roebel, T. Hueber (stage), G. Beller (stage)*

*Collaboration interne : D. Schwarz*

### 3.2.2 Transformation de l'identité d'une voix

L'objectif est de transformer des signaux audio d'une voix, dite source, afin que certaines de ses caractéristiques ressemblent à celles d'une autre voix, dite cible. La qualité de l'opération se mesure par l'intelligibilité, le naturel, la ressemblance, etc., de la voix transformée. Une première approche a été le développement d'un système capable de faire une transformation générale de caractéristiques telles que la longueur du conduit vocal, la fréquence fondamentale, la pente spectrale et aussi l'alignement temporel des phonèmes. Le travail sera maintenant orienté vers l'apprentissage et la transformation de ces caractéristiques dans un contexte local aux événements acoustiques des signaux. Les principaux points à traiter sont :

- évaluation des résultats obtenus en 2004 avec des transformations simples et fixes ;
- amélioration de la ressemblance grâce à des transformations dépendant du contexte ;
- poursuite des travaux sur des méthodes d'apprentissage statistiques pour la transformation ;
- modélisation et transformation de caractéristiques de la source glottale dans la voix.

*Participants : X. Rodet, F. Villavicencio (thèse), A. Roebel, G. Peeters*

### 3.2.3 Analyse de voix chantée et de chœurs

La collaboration qui n'a pu être menée avec L. Fagnan en 2004 le sera en 2005. Elle portera sur les paramètres physiques du chant choral. Par ailleurs un nouveau travail sera entrepris avec une étudiante de l'Université de Pampelune en recherche post-doctorale à l'Ircam.

Les domaines suivants seront étudiés :

- estimation de la hauteur (fréquence fondamentale), notamment en présence de vibrato, dans le cas d'enregistrements de chœurs,
- étude du timbre des chanteurs dans le chant choral en liaison avec sa pédagogie,
- nouvelle méthode d'analyse-synthèse de l'effet de chœur.

*Participant : X. Rodet*

*Collaboration extérieure : L. Fagnan (université d'Alberta), I. Arraobarren (Université de Pampelune)*

## 3.3 Nouveaux outils pour la musique

Ces travaux ont pour but de permettre l'analyse du signal sonore d'une œuvre, la représentation de ces informations, l'annotation sur une œuvre enregistrée, dans un logiciel comme AudioSculpt sur la forme du signal audio ou sur le sonogramme. On distingue le cas où la partition est disponible car cela améliore beaucoup les résultats d'extraction d'information. Enfin certains travaux seront menés dans le cadre du groupe de travail « Orchestration » avec des compositeurs.

### 3.3.1 Outils d'étude d'œuvres enregistrées avec partition

L'outil d'Alignement de Partition avec l'Audio, développé dans un contrat industriel, fournit désormais des valeurs de durée, hauteur, intensité et timbre. Ces données pourront donc être utilisées dans des études musicologiques et visualisées dans l'environnement AudioSculpt ou pour une écoute signée en particulier.

- améliorations de l'outil d'Alignement de Partition prenant en entrée une partition MIDI et un fichier audio .
- représentation et manipulation des informations de l'interprétation.

*Participants : N. Bogaards, J. Escribe, étudiant (stage)*

*Collaboration interne : équipe Formulation du musical, D. Schwarz (équipe Applications temps réel)*

*Collaboration extérieure : société MIST*

### 3.3.2 Outils généraux d'Analyse Musicale

Dans le cadre du Groupe de travail avec les compositeurs « Symbolique et Signal », de nouvelles méthodes d'analyse musicale sur le signal audio seront étudiées. En particulier,

seront abordés les aspects de modélisation des phénomènes temporels et l'extraction de données symboliques à partir du signal.

*Participants : G. Peeters, A. Roebel, N. Bogaards, C. Yeh (thèse),*

### 3.3.3 Reconstruction de timbre pour l'orchestration

Cette recherche, soumise à l'obtention du financement d'une thèse, répond à une demande des compositeurs de l'Ircam (groupe Orchestration) cherchant à approximer le timbre d'un son donné par superposition d'un ensemble donné d'instruments. Cette recherche se fonde sur les travaux de description du timbre des sons et cherchera les algorithmes d'optimisation permettant de trouver la meilleure combinaison de sons élémentaires (ceux de bases de données) permettant cette approximation. Dans un second temps l'aspect temporel de l'évolution des sons sera prise en compte.

*Participants : G. Peeters, D. Tardieu (thèse)*

## 3.4 Traitement par le contenu et multimédia

Parmi les principales orientations pour l'année 2005, une place importante est occupée par l'accès aux contenus musicaux. L'équipe Analyse et Synthèse avait déjà lancé une ligne de recherches dans cette direction dans les années passées. Cette recherche s'est d'ailleurs amplifiée, en particulier dans le projet européen Semantic HI FI auquel l'équipe contribue, comme dans d'autres projets de caractérisation, de classification, d'indexation et de traitement *par les contenus* en général, plusieurs thèmes de recherche nécessitant un effort spécifique. A titre d'exemple, un projet important vient d'être lancé, en collaboration avec une industriel, sur la reconnaissance précise des mesures et des temps.

### 3.4.1 Extraction d'information rythmiques pour le projet Semantic HIFI

L'objectif de cette recherche est le développement d'algorithmes d'extraction des informations rythmiques d'un signal audio et musical (audio constitué). Parmi les objectifs :

- améliorations de l'extraction de tempo (variables au cours du temps) et marquage des temps (en particulier du premier temps) ;
- détection de patterns rythmiques (permettant une recherche par contenu rythmique dans une base de données) ;
- utilisation des informations rythmiques pour la segmentation d'un morceau en microstructure.

*Participants: G. Peeters, étudiant (stage)*

*Collaboration extérieures: participants du projet SHF (UPF, Native Instrument), participants du projet Music Discover (ENST)*

*Collaboration interne : équipes Services en ligne, Perception et cognition musicales, Représentations musicales*

### 3.4.2 Extraction de tonalité pour le projet Semantic HIFI

L'objectif de cette recherche est l'extraction des tonalités (et si possible des modes) d'un morceau de musique. Ceci doit permettre la recherche dans une base de données sur la base de critères de tonalité et permettre la segmentation d'un morceau sur la base de son contenu harmonique. Deux approches seront envisagées :

- détection de  $f_0$  multiples (collaboration avec la thèse de C. Yeh) ;
- détection de tonalité « floue » par filtrage du spectre.

*Participants: G. Peeters, C. Yeh (thèse)*

### 3.4.3 Détection de structures pour le projet Semantic HIFI

Cette recherche vise à améliorer les algorithmes actuels d'extraction des structures d'un morceau de musique par la prise en compte des aspects liés au rythme ainsi qu'à la tonalité. La prise en compte simultanée de ces éléments ainsi que du timbre devrait permettre une détection plus robuste de la structure dans le cas de musique non simplement rythmique.

*Participants : G. Peeters*

*Collaboration interne : équipes Services en ligne, Perception et cognition musicales, Représentations musicales.*

### 3.4.4 Reconnaissance des instruments

Le problème consiste à reconnaître dans un enregistrement musical mono ou stéréo le type de formation instrumentale et si possible le nom des instruments jouant les différentes voix. La poursuite de ce travail de thèse, soumis à l'obtention d'un financement externe dans le cadre de Semantic HI FI, continuera l'identification des instruments dans la musique polyphonique, y compris la segmentation de la musique dans des parties jouées par chaque instrument. Ce travail sera effectué en partie dans le cadre du projet Music Discover de l'ACI « Masse de Données » obtenue par l'équipe. Les principaux points traités seront :

- reconnaissance des instruments percussifs ;
- utilisation de l'Alignement de Partition pour construire des données d'apprentissage et de référence ;
- utilisation de F0 multiples pour séparer et reconnaître les instruments harmoniques.

*Participants : G. Peeters, A. Livshin (thèse)*

*Collaborations internes: C. Yeh (thèse), J. Escribe.*

*Collaborations extérieures : G. Richard (ENST), L. Chen (LIRIS), S. Dubnov (université de San José), O. Hadar (université Ben Gurion).*

### 3.4.5 Collaboration multimodale pour l'indexation

Le but de cette thèse est de comprendre les mécanismes qui relient les informations contenues dans les différents médias d'un document multimédia. Dans le contexte d'une base de données multimédia, on cherche à caractériser les relations entre médias de façon à permettre l'indexation et la recherche des contenus par la fusion d'informations multicritères fondées sur le son, le texte et l'image. Cette thèse doit se terminer cette année et aboutir notamment à un système intégré d'indexation incluant la parole, le son et la vidéo et prenant en compte la multimodalité des documents.

*Participants : B. Delezoide (thèse)*

*Collaboration extérieure : C. Fluhr (CEA)*

## 3.5 Modèles physiques de production sonore

Les travaux de thèse sur l'étude et le modèle physique des instruments à anche double seront poursuivis. Les travaux sur l'inversion de modèles physiques, par estimation aussi bien que par apprentissage, seront continués grâce à un recrutement CNRS obtenu en 2004. L'utilisation musicale de ces recherches sera facilitée dans le cadre du projet RIAM « Windset » mené avec un industriel construisant des synthétiseurs. Ces travaux seront

menés en collaboration avec les équipes Applications Temps Réel et Acoustique des Instruments.

### 3.5.1 Inversion de modèles physiques

Le but de cette recherche est la continuation du travail post-doctoral de T. Hélie, recruté au CNRS à l'Ircam en 2004, sur l'inversion de systèmes dynamiques modèles physiques d'instruments de musique. En particulier seront traités :

- l'optimisation de forme de résonateurs ;
- la simulation de résonateurs à paroi mobile ;
- la construction modulaire d'instruments : embouchure, tube droit (qui «cuivre»), pavillon, rayonnement et modèle de piston/coulisse.

*Participant : T. Hélie*

*Collaboration interne : équipes Applications Temps Réel et Acoustique instrumentale*

*Collaborations extérieures : C. Vergez (LMA)*

### 3.5.2 Modèle de hautbois

L'objectif de ce travail de thèse, mené en collaboration avec l'équipe Acoustique Instrumentale, est de développer un modèle de synthèse fiable, capable de reproduire le comportement des instruments à anche double. Il consiste, d'un côté à étudier expérimentalement l'instrument réel et ses composants, et de l'autre à développer un modèle mathématique simplifié pour l'ensemble de l'instrument. L'année à venir sera consacrée à la finalisation du travail de thèse et au projet Windset:

- Compléter le travail expérimental de mesure des caractéristiques pression/débit et ouverture/débit, et d'autres mesures de propriétés et comportement physique de l'anche double de hautbois
- Adaptation et modification des modèles mathématiques existants à présent (dérivés des modèles d'instrument à anche développés pendant les années précédentes) pour prendre en compte les mesures expérimentales
- Application de ces modèles à un module informatique de synthèse par modèle physique de hautbois et de basson.
- Rédaction de la thèse (fin prévue courant 2005)

*Participants : A. Almeida (thèse), T. Hélie.*

*Collaboration interne : équipe Acoustique instrumentale, A. Terrier (Atelier de mécanique), G. Bertrand et E. Fléty*

*Collaborations extérieures : C. Vergez (LMA)*

### 3.5.3 Multimodèle physique pour applications musicales : Windset

Ce travail, en collaboration avec un industriel et en collaboration avec les équipes Applications temps réel et Acoustique des Instruments, a obtenu une aide du réseau RIAM. Il s'agit de développer des modèles physiques temps réel (trompette, clarinette, saxophone et flûte) et de les rendre utilisables par les musiciens dans Max/MSP et dans un produit de la société Arturia. Les principaux travaux seront :

- « mapping » des paramètres du modèle à partir de paramètres utilisateurs à définir ;
- mise à la disposition des musiciens de modèles de plusieurs instruments (un modèle isolé est trop limitatif) ;
- enregistrement de notes ou de phrases de l'instrument et des paramètres (leur évolution dans le temps) qui, mis en entrée du modèle, reproduisent la phrase. Le musicien peut alors utiliser ces évolutions (et les modifier facilement) en synthèse, tout en conservant les attaques et transitoires naturels de l'instrument.

*Participants : X. Rodet, P. Tisserand, A. Almeida, T. Hélie, M. Poletti.*

*Collaboration interne : équipes Acoustique instrumentale et Applications temps réel*

## **3.6 Développements**

Une version finalisée, fiabilisée de SuperVP et d'AudioSculpt 2 sera obtenu à la fin de l'année 2004. La recherche d'un industriel éditeur de logiciel pour la diffuser sera poursuivie. De nouveaux développements de ces logiciels seront entrepris dans l'année qui vient pour mieux répondre notamment aux demandes des musiciens.

### **3.6.1 SuperVP**

Le logiciel SuperVP est un *vocodeur de phase* très utilisé par les chercheurs et les musiciens. En 2003 la gestion par SuperVP a été commencée. En 2004 le support de SuperVP pour le format de données SDIF a été complété comme dans AudioSculpt-2. Pour améliorer la qualité des transformations dans SuperVP, de nouvelles méthodes de traitement issues des recherches de l'équipe vont être introduites. Elles concernent en particulier la classification et segmentation des composantes spectrales ; une méthode « shape invariant » ; le spectrogramme réassigné.

*Participants : A. Roebel, N. Bogaards*

*Collaboration extérieure : A. Lithaud (bêta testeur)*

### **3.6.2 AudioSculpt**

AudioSculpt a atteint un niveau de stabilité acceptable, et le développement va se concentrer sur l'augmentation des fonctionnalités, l'intégration de nouveaux algorithmes d'analyse et de traitement, et une ergonomie plus sophistiquée. Les développements à venir sont :

- communication en temps réel avec SuperVP,
- utilisation des partiels, de la fréquence fondamentale et des transitoires comme guide pour les traitements,
- révision de l'éditeur de (multi) BPF,
- intégration complète des échelles logarithmiques et non linéaires en général,
- algorithmes de suppression de bruit et de sélection harmonique.

*Participants : A. Roebel, N. Bogaards.*

*Collaborations extérieures : A. Lithaud (Bêta testeur).*

### **3.6.3 Aide à l'édition de contenu audio**

Dans le cadre du projet Epicure mené par le Studio Hypermédia, des outils d'aide à l'édition de contenu audio seront développés. Il s'agit de faciliter, pour des non spécialistes, la création sur ordinateur d'une présentation multimédia. Pour la partie audio, seront développés, en particulier, des outils facilitant le choix, la segmentation, le traitement, la superposition et le mixage en général de fichiers audio.

*Participant : J. Escribe.*

*Collaborations internes: Studio Hypermédia.*

## 4 REPRESENTATIONS MUSICALES

*Responsable : Gérard Assayag*

L'équipe Représentations musicales est spécialisée dans l'étude des représentations symboliques de structures musicales et leurs applications en composition assistée par ordinateur (CAO) et en musicologie computationnelle (théories et analyse musicales à support informatique). Ce travail se fonde

....  
.....  
.....

L'automatisation du processus de numération des archives sonores (cf. 1.3) permettra de combler des retards dans la mise en ligne de celles-

