

## Rapport d'activité 2010





## Table des matières

---

Table des matières .....	3
Préambule .....	5
Message des directeurs .....	7
Introduction.....	7
Une approche de la recherche .....	7
Les moyens de la recherche .....	8
Les indicateurs de notre activité .....	9
Les relations universitaires.....	10
Digiteo et le plateau de Saclay .....	10
IMMI - Institut des technologies Multilingues et Multimédias de l'Information .....	11
Objectifs .....	11
Description des activités .....	11
Présentation du Département Mécanique - Énergétique .....	17
Introduction.....	17
Les axes de recherche du département.....	17
Cellules support .....	21
Effectifs .....	23
Insertion locale, nationale et relations internationales .....	24
Présentation du Département Communication Homme-Machine .....	27
Introduction.....	27
Les axes de recherche du département.....	28
Perspectives .....	31
Groupe Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle (AERO) .....	35
Introduction.....	35
Présentation de la recherche .....	36
Personnels.....	44
Participation à des instances .....	45
Enseignement et diffusion des connaissances .....	45
Collaborations de Recherche .....	46
Contrats de recherche et valorisation .....	47
Production scientifique .....	48
Groupe Convection et Rotation (CORO) .....	53
Introduction.....	53
Présentation de la recherche .....	53
Personnels.....	61
Participation à des instances .....	62
Enseignement et diffusion des connaissances .....	62
Collaborations de recherche .....	62
Contrats de recherche et valorisation .....	64
Production scientifique .....	64
Groupe Transferts Solide-Fluide (TSF) .....	67
Introduction.....	67
Présentation de la recherche .....	67
Personnels.....	73
Participation à des instances .....	73
Enseignement et diffusion des connaissances .....	74
Collaborations de recherche .....	75
Contrats de recherche et valorisation .....	76
Production scientifique .....	76
Groupe Traitement du Langage Parlé (TLP) .....	79
Introduction.....	79
Présentation de la recherche .....	79
Personnels.....	90
Contrats de recherche et valorisation .....	92
Production scientifique .....	93

Groupe Information, Langues Ecrite et Signée (ILES) .....	101
Introduction.....	101
Présentation de la recherche .....	101
Personnels.....	107
Contrats de recherche et valorisation .....	108
Production scientifique .....	109
Groupe Audio & Acoustique (AA) .....	115
Introduction.....	115
Présentation de la recherche .....	115
Personnels.....	119
Collaborations de recherche .....	120
Contrats de recherche et valorisation .....	120
Production scientifique .....	121
Groupe Architectures et Modèles pour l'Interaction (AMI) .....	125
Introduction.....	125
Présentation de la recherche .....	125
Personnels.....	131
Participation à des instances .....	132
Enseignement et diffusion des connaissances .....	133
Diffusion et vulgarisation .....	133
Collaborations de recherche .....	134
Contrats de recherche et valorisation .....	134
Production scientifique .....	134
Groupe Cognition, Perception & Usages (CPU) .....	139
Introduction.....	139
Présentation de la recherche .....	139
Personnels.....	144
Participation à des instances .....	145
Collaborations de recherche .....	146
Contrats de recherche et valorisation .....	146
Production scientifique .....	147
Groupe Réalité Virtuelle & Augmentée VENISE (RV&A).....	149
Introduction.....	149
Présentation de la recherche .....	151
Personnels.....	154
Participation à des instances .....	155
Enseignement et diffusion des connaissances .....	155
Collaborations de recherche .....	156
Contrats de recherche et valorisation .....	156
Production scientifique .....	157
Groupe Direction .....	159
Présentation .....	159
Organigramme du LIMSI .....	161

## Préambule

Ce rapport d'activité couvre la période 2008-2010. Les listes de personnels figurant dans ce document correspondent aux personnels permanents, doctorants et personnels temporaires de longue durée présents au laboratoire au 1er juin 2010. De même la production scientifique a été arrêtée à cette date.



PATRICK LE QUERE ET PHILIPPE TARROUX

### Introduction

Le LIMSI, Unité Propre de Recherche du CNRS associée aux Universités Pierre et Marie Curie et Paris-Sud 11, mène un ensemble de recherches pluridisciplinaires en Mécanique et Énergétique (ME) et en Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC). En tant qu'UPR du CNRS, il relève de l'Institut Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes, dont il partage la richesse thématique, ses activités relevant principalement de deux sections du comité national de la recherche scientifique, les sections 7 « Sciences et technologies de l'information », et 10, « Milieux fluides et réactifs : transports, transferts, procédés de transformation ». Une grande partie de ses recherches étant directement destinées à l'usage de l'homme ou liées à ses modes de fonctionnement, il est également en forte interaction avec les Sciences de l'Homme et de la Société (INSHS) et les Sciences de la Vie (INSB). De fait, ses activités sont également évaluées par deux autres sections du Comité National, les sections 27 « Comportement, cognition, cerveau », et 34 « Langues, langage, discours ».

Le LIMSI conduit des recherches qui contribuent à la production de connaissances dans ses champs disciplinaires propres, notamment les sciences et technologies de la langue au sens large, l'interaction homme machine, la réalité virtuelle et augmentée ainsi que la mécanique des fluides et des transferts, et l'énergétique. Ses recherches trouvent leur motivation dans le souci et la volonté de participer au progrès économique, social et culturel de notre société et couvrent ainsi ses domaines thématiques, tant dans leurs composantes fondamentales que dans les spécificités des tâches à réaliser ou des objets à construire. Au-delà des critères classiques de production scientifique, la mesure de la qualité et de la pertinence de ses travaux réside donc également dans la confrontation des résultats de ses recherches avec la réalité de l'application, en situation modèle ou en condition réelle, dans la qualité de ses partenariats ainsi que dans sa politique de valorisation. Le LIMSI s'inscrit donc pleinement dans le triptyque recherche-formation-innovation tout en attachant également la plus grande importance à la diffusion de l'information scientifique et technique, sous toutes ses formes.

### Une approche de la recherche

#### Excellence disciplinaire et volonté interdisciplinaire

Le LIMSI, par son histoire, conduit un ensemble de recherches qui couvrent un large spectre scientifique allant de « la thermodynamique au cognitif », en passant par la mécanique des fluides, la thermique et l'énergétique, l'acoustique physique, humaine et musicale, le traitement automatique de la langue, de l'oral à l'écrit, la visualisation d'informations, la perception et la cognition, la réalité virtuelle et augmentée, les agents conversationnels et les interfaces multimodales... L'ensemble de ces disciplines peut se regrouper en cinq grands axes thématiques :

- la mécanique des fluides,
- la thermique et l'énergétique,
- le traitement automatique des langues,
- la perception et l'interaction multimodale,
- la réalité virtuelle et augmentée.

Au-delà de cette grande richesse thématique, la recherche au laboratoire est sous-tendue par plusieurs lignes directrices qui confèrent sa cohérence globale à notre projet scientifique. Le laboratoire a ainsi la volonté de s'inscrire dans une interdisciplinarité de long terme, en faisant progresser les connaissances dans l'ensemble de ses champs disciplinaires en relation directe avec les recherches et projets interdisciplinaires qu'il développe.

Une grande partie de la recherche menée au laboratoire est, de fait, intrinsèquement pluridisciplinaire. Citons en particulier les recherches sur le traitement automatique de la langue écrite et parlée (entre linguistique, traitement du signal et informatique), celles qui portent sur la perception visuelle ou acoustique (entre informatique, traitement du signal et neurosciences), ou encore les travaux sur les processus humains de communication médiatisée mettant en synergie informatique, psychologie cognitive, ergonomie et sociologie. On peut également citer les travaux menés sur les têtes parlantes expressives, la mécanique des fluides dans le conduit vocal, ou encore le développement de capacités d'interaction immersive pour

l'exploration des grandes masses de données provenant des simulations d'écoulements 3D instationnaires en mécanique des fluides.

## Des lignes directrices pour une cohérence globale

Au-delà de l'utilisation commune de l'outil informatique, le laboratoire développe des méthodes de traitement du signal évoluées, les approches multi-échelles adaptatives reposent par exemple sur l'utilisation des bases d'ondelettes. Ces techniques sont utilisées tant comme outils d'extraction d'information (analyse de scènes, détection des structures cohérentes) que comme méthodes d'approximation pour prédire l'évolution des phénomènes physiques étudiés. En ce qui concerne les méthodes statistiques, les approches multivariées trouvent des applications aussi bien en mécanique des fluides (décomposition aux valeurs propres) qu'en traitement du signal et de l'image. Une autre caractéristique commune du laboratoire concerne le traitement des grandes masses de données, qui trouve sa déclinaison spécifique dans la fouille de données multimédia, la constitution de grands corpus, ainsi que le calcul numérique intensif et la visualisation des données massives qu'il produit.

Ces outils méthodologiques communs sont à l'origine de nos capacités de modélisation et de simulation. Leur confrontation, tant à la réalité qu'ils entendent décrire qu'à des outils analogues provenant d'autres équipes, constitue également un dénominateur commun à l'ensemble de nos activités. Ainsi, dans ses deux départements, le laboratoire a une grande activité de benchmarking tant dans l'usage de cette méthodologie de comparaison que dans sa conceptualisation et sa formalisation, spécifique à chaque discipline. Cette activité s'exerce au plan national comme au plan international, à travers la participation à des campagnes d'évaluation et leur organisation.

Nos recherches procèdent ainsi majoritairement d'une démarche inductive, qui s'appuie sur les questionnements suscités par le monde qui nous entoure, à propos des contenus comme à propos des usages. Cette finalité nous conduit à développer des recherches, spécifiques et dédiées, qui couvrent tant les aspects fondamentaux que les finalités applicatives.

## Les moyens de la recherche

### Les personnels

Au 1/6/2010 les effectifs du LIMSI s'établissent comme suit :

Chercheurs : 33 dont 2 DREM, qui se répartissent comme suit en corps et grades: 12 DR (5 DR2, 4 DR1, 1 DRCE, 2 DREM), 21 CR (4 CR2, 17 CR1, dont 9 HdR), et en termes de rattachement disciplinaire : 16 en section 7, 10 en section 10, 4 en section 34, 2 en section 27, 1 en section 9.

Enseignants chercheurs : 47 dont 3 PREM, 2 PR1, 9 PR2 et 33 MCF, dont 7 HdR. 29 sont de l'U-PSud (18 sont en section 27 du CNU et relèvent du département d'informatique de l'U-PSud, 3 de la section 16 du CNU et du département de biologie (1 PREM), 8 de la section 60 et du département de physique de U-PSud), 11 de la section 60 de l'UFR d'Ingénierie de l'UPMC (1 PREM), les 7 autres provenant d'autres établissements et étant accueillis à titre individuel (2 ENSIEE, 1 CNAM, 1 ENSAM, 1 ENS, 1 UVSQ, 1 Evry)

ITA : 34 ITA, 2 IATOS (1 UPMC et 1 U-PSud)

Ces chiffres traduisent à l'évidence la richesse disciplinaire des chercheurs et enseignants-chercheurs du LIMSI. Ils traduisent également sa relative complexité institutionnelle, en même temps qu'une certaine forme de fragilité structurelle. En particulier, le ratio MCF/PR (hors PREM) est de 3, ce qui est un ratio nettement supérieur à la valeur moyenne, d'autant plus que ce ratio vaut 22/6 à Paris-Sud et 9/1 à l'UPMC. Ce déséquilibre A/B se manifeste en particulier par le fait que des recherches importantes dans le projet scientifique du laboratoire sont portées par des B-HdR, auxquels le contexte institutionnel local laisse peu d'espoir de promotion sur place.

En ce qui concerne les doctorants, le nombre des doctorants effectuant actuellement leur thèse au LIMSI est de 61. Ce nombre vient d'augmenter sensiblement ces trois dernières années, en particulier grâce à une remontée notable des doctorants en mécanique. Simultanément le nombre de post-doc a considérablement augmenté ces trois dernières années, sous le double effet des projets ANR et du programme Quaero.

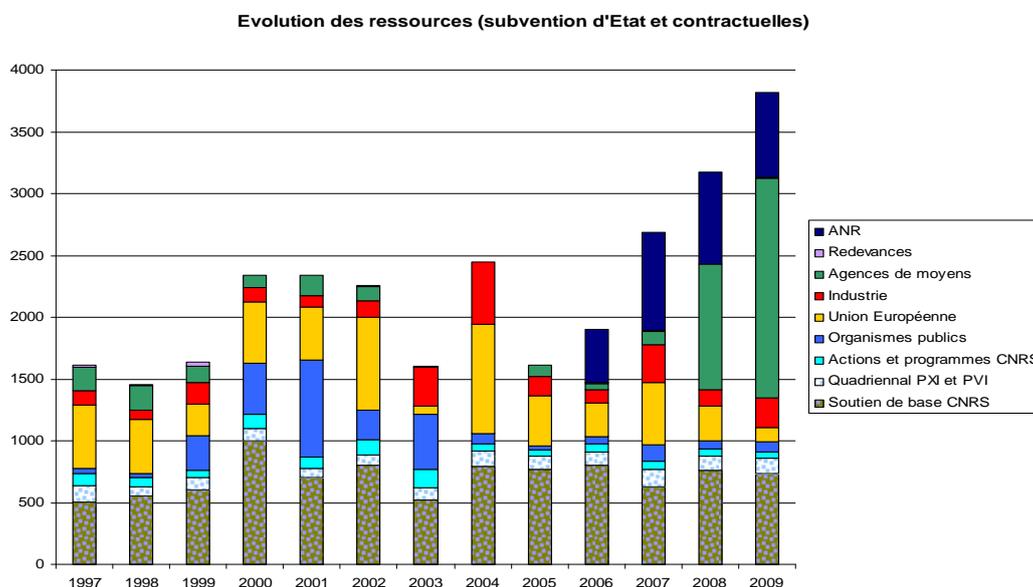
### Les moyens financiers

Le budget consolidé du laboratoire vient de franchir en 2009 la barre des 10 M€, le poids du CNRS représentant environ 57%.

Les moyens financiers se composent de la subvention d'état et des ressources propres. Leur évolution depuis 1997 est présentée sur le graphique ci-dessous. En ce qui concerne la subvention d'état annuelle, elle

se monte environ à 750 k€ et provient pour la majeure partie du CNRS (650 k€), les dotations du MESR à travers les contrats quadriennaux de l'université Paris-Sud et l'UPMC se montant respectivement à 80 k€ et 20k€.

Comme le montre le graphique, les ressources propres de différentes natures se sont notablement accrues ces 4 dernières années, se montant environ à 3 M€ en 2009. Cet accroissement est le résultat d'une triple conjonction : la création de l'ANR en 2005, la création du RTRA Digiteo en 2006, ainsi que la montée en puissance en 2008-2009 du programme Quaero.



## Une politique volontariste de soutien à la recherche

La part croissante des ressources propres, si elle apporte davantage de moyens pour la recherche, représente également un risque de balkanisation, compte tenu des critères d'éligibilité des projets incitant généralement les équipes à se tourner vers des collaborations extérieures<sup>1</sup>. Pour limiter ces risques, le laboratoire pratique une politique volontariste d'orientation de la recherche qui s'exerce en particulier à travers un dispositif incitatif interne en vigueur depuis une vingtaine d'années. Ce dispositif se décline en particulier par le système des Actions Incitatives et Actions sur Programme qui sont lancées chaque année pour investir sur le long terme en encourageant le développement de nouvelles compétences méthodologiques, et favoriser les actions interdisciplinaires ou collaborations inter-groupes. Nous y consacrons en moyenne 70 à 80 k€ annuellement, à travers un système de sélection interne constitué de présentations devant l'ensemble du laboratoire lors de la journée AI-ASP suivie d'une sélection par le Conseil de Laboratoire. La journée des AI-ASP permet également de faire le bilan des actions lancées les années précédentes et de vérifier si les objectifs annoncés ont bien été réalisés. Ces AI-ASP ont été plus récemment complétées par deux dispositifs additionnels, l'un consistant à doter tout nouvel arrivant chercheur ou enseignant-chercheur d'une prime d'installation lui permettant de commencer ses recherches dans de bonnes conditions, l'autre destiné à la jouvence d'équipements et à l'acquisition de matériels spécifiques. Ces soutiens spécifiques échappent au mécanisme d'évaluation des demandes d'AI-ASP, mais leurs bénéficiaires sont néanmoins tenus de rendre compte de l'utilisation des moyens correspondants. C'est ainsi au total de l'ordre de 120 k€ qui sont apportés à travers l'ensemble de ce dispositif, en complément des 170 k€ de soutien récurrent à la recherche accordé aux groupes et actions transversales.

## Les indicateurs de notre activité

La qualité de notre recherche se mesure au travers d'un certain nombre d'indicateurs, qui concernent les aspects de production scientifique, de valorisation et de partenariat. Un effort particulier a été accompli sur les trois dernières années pour doter le laboratoire d'instruments efficaces de suivi de ces indicateurs.

<sup>1</sup> Ceci est particulièrement vrai pour un laboratoire interdisciplinaire comme le LIMSI, qui pourrait proposer de très beaux projets pluridisciplinaires reposant sur ses différentes équipes, avec le fort risque que ces projets soient déclarés inéligibles car provenant d'un même laboratoire.

Notre production scientifique, après un léger fléchissement en 2007, est revenue à un niveau très satisfaisant. Sur la période 2008-2010<sup>2</sup>, on peut noter que le laboratoire a produit 119 articles dans des revues à comité de lecture, 42 ouvrages ou chapitres d'ouvrage, 343 communications dans des congrès avec actes et comité de lecture, 319 autres formes de communication (workshops, journées d'études, séminaires,...). 22 thèses de doctorat ont été soutenues ainsi que 6 habilitations à diriger des recherches. Cette production est à mettre en regard du potentiel de recherche qui est de l'ordre de 75 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, de 36 ITA-IATOS et d'une soixantaine de doctorants.

Par ailleurs, le laboratoire encourage la valorisation de sa production scientifique en utilisant les différents instruments disponibles : dossiers de valorisation, dépôt de brevets, cession de licences. Quelques chercheurs ont mis à profit la loi sur l'innovation pour apporter leur concours scientifique à des entreprises avec lesquelles nous entretenons des partenariats étroits.

L'ensemble de ces indicateurs confirme le dynamisme du laboratoire récemment reconnu entre autres par l'attribution de la médaille d'argent par la section 7 du comité national à J.-L. Gauvain, le cristal 2009 du CNRS à G. Adda, ainsi que par la place du laboratoire en tant que coordonnateur de la composante recherche du projet franco-allemand Quaero, l'un des deux projets phares soutenus par OSEO/AII

## Les relations universitaires

Le laboratoire est intimement lié aux les deux universités, Pierre et Marie Curie et Paris-Sud 11, avec lesquelles il est conventionné. Pour l'Université Pierre et Marie Curie, le laboratoire est essentiellement vu au travers de sa composante Mécanique-Energétique, même s'il a souhaité étendre ce domaine à l'acoustique physique et humaine, notamment au travers de l'inscription dans l'école doctorale SMAER des doctorants de cette thématique. Le LIMSI est à nouveau très inquiet des quelques signaux récents qui tendent à confirmer le désengagement, à terme, de l'UPMC du plateau de Saclay. En ce qui concerne l'Université Paris-Sud 11, le laboratoire met au service de l'enseignement ses compétences de recherche en informatique, traitement du signal et de la langue, ingénierie des interfaces, réalité virtuelle, mécanique physique et sciences cognitives. En ce qui concerne les écoles doctorales reconnues par l'Université Paris-Sud 11, le LIMSI est laboratoire d'accueil des écoles doctorales EDIPS (Ecole Doctorale d'Informatique de Paris-Sud) et MIPEGE (Modélisation et Instrumentation en Physique, énergie, géosciences et environnement). Nous nous réjouissons en particulier de la création de l'ED MIPEGE, dont nous pensons qu'elle vient concrétiser la politique de soutien de l'université Paris-Sud au développement de la filière de Mécanique-Physique, maintenant regroupée avec la Physique Appliquée au niveau du MASTER PAM (Physique Appliquée et Mécanique).

## Digiteo et le plateau de Saclay

Pour ce qui est de ses activités de recherche, le laboratoire joue pleinement son rôle dans le développement du réseau thématique de recherche avancée Digiteo qui fédère les activités en STIC de six établissements sur le plateau de Saclay. Il contribue à la richesse thématique de Digiteo au travers de ses domaines d'excellence, en particulier dans les domaines du traitement de la langue et de la réalité virtuelle. Sur ce dernier aspect, le grand équipement immersif de réalité virtuelle désormais fonctionnel a vocation à devenir une plate-forme fédératrice pour l'ensemble des activités de réalité virtuelle et augmentée au service de Digiteo. D'ores et déjà, le laboratoire a bénéficié des soutiens de Digiteo dans le domaine de l'informatique ambiante, du traitement des langues et de la réalité virtuelle et de la robotique et a pu ainsi conforter ses partenariats avec le CEA, Supélec et l'IEF. Le LIMSI a notamment vu deux de ses propositions de chaires acceptées, celle pour le Professeur. H. Ney, de l'université d'Aix La Chapelle sur le traitement de la langue, et celle en 2009 pour le Professeur T. Isenberg, de l'Université de Groeningen en réalité virtuelle.

Par ailleurs, le LIMSI a la volonté de profiter du soutien qu'il a reçu au titre du CPER 2007-2013 sur le projet Quaero pour renforcer au sein de Digiteo les recherches concernant le traitement automatique des documents multimédias et multilingues, dans leurs composantes européennes et internationales. La création de l'UMI IMMI par le CNRS, l'Université Aix-La Chapelle et l'Université de Karlsruhe, la signature de la convection de LEA impliquant en plus l'Université Paris-Sud, et la construction d'un futur bâtiment de 2500 m<sup>2</sup> affirmeront le positionnement international de cette activité.

Porteur de composantes de recherche spécifiques, fortement impliqué dans une politique de collaboration avec les laboratoires des autres organismes partenaires de Digiteo, le LIMSI considère, qu'en tant qu'unité propre du CNRS, il a vocation à être un des vecteurs privilégiés de la présence du CNRS sur le plateau de Saclay, dans le respect des compétences et des complémentarités de chacun.

---

<sup>2</sup> Arrêtée au 1<sup>er</sup> juillet 2010.

JOSEPH MARIANI

## Objectifs

L'IMMI associe les activités de recherche menées dans le domaine du traitement automatique des documents multilingues et multimédias du LIMSI-CNRS, de l'Université Technique d'Aix-la-Chapelle (RWTH) et du Karlsruhe Institute of Technology (KIT). Il se compose d'un réseau de Laboratoires Européens Associés (LEA 547) qui mène les recherches, et d'une Unité Mixte Internationale (UMI 3191) qui en assure la coordination et le soutien.

L'objectif de l'IMMI est de rassembler un effort de recherche majeur pour développer des technologies de la langue au meilleur niveau international, afin de permettre le traitement automatique des données multilingues pour la gestion des documents multimédias (texte, parole, image, vidéo), dans la perspective des formidables enjeux liés au multilinguisme dans la construction Européenne, et plus généralement dans la globalisation à l'échelle planétaire. Son action s'inscrit en particulier dans le cadre du programme franco-allemand Quaero, et dans ceux de la Commission Européenne.

La mission de l'IMMI est d'apporter son soutien à la coordination des recherches menées au sein des laboratoires partenaires. Ses effectifs sont donc volontairement réduits à un noyau de quelques personnes, dont les responsables des équipes de recherche qui coopèrent. Le noyau de l'IMMI compte actuellement huit personnes, les effectifs participant à l'effort de recherche rassemblant 124 personnes fin 2009 sur les trois sites. C'est dès à présent sans doute la plus importante force de recherche en matière de Technologies de la Langue au plan mondial. En accord avec ce rôle de soutien à la recherche, l'IMMI intervient par ailleurs dans des activités de coordination et de promotion du domaine au plan local, national, Européen et international.

## Description des activités

### Quaero

Le programme Quaero a été lancé le 1er mai 2008, après une période de gestation de 3 ans. C'est un programme de taille importante, rassemblant 25 partenaires français et allemands, avec un budget de 199 M€, dont 99 M€ d'aides publiques provenant d'Oséo Innovation, sur une durée de 5 ans (2008-2013). L'originalité du programme (voir Figure 1) est de mener en son sein cinq projets applicatifs, chacun sous la responsabilité d'un industriel, que viennent alimenter plus de trente technologies développées au sein du Pôle de Technologies-clés (*Core Technology Cluster*) dont le LIMSI est responsable. Jean-Luc Gauvain, Directeur Scientifique du programme, en assure la conduite. Plusieurs technologies peuvent ainsi servir une application, et une même technologie peut servir plusieurs applications. Un projet spécifique est dédié à la production des corpus qui sont nécessaires pour développer et tester ces technologies, placé sous la responsabilité du RWTH (Volker Steinbiss). Le programme est tout entier organisé autour de l'utilisation systématique de l'évaluation quantitative des performances des systèmes développés, permettant de mesurer l'état de l'art d'une technologie, les progrès réalisés et leur adéquation aux besoins des applications. L'IMMI fait partie de l'Equipe de Management Intégrée, avec Technicolor et la DGA, où Martine Garnier-Rizet assume la responsabilité de la dissémination de l'information scientifique et technique. Les activités de recherche en reconnaissance de la parole et en traduction automatique sont respectivement coordonnées par le LIMSI et le RWTH. Les financements attribués aux partenaires rassemblés au sein de l'IMMI se montent à environ 20 M€ sur 5 ans.

Les activités de recherche des partenaires de l'IMMI concernent le traitement de la parole (transcription de la parole, diarization des locuteurs, reconnaissance de la langue, dialogue oral), la traduction automatique de texte et de parole, et la recherche d'information interlingue, ainsi que le traitement du langage naturel (acquisition et reconnaissance de termes, extraction des entités nommées, acquisition d'ontologies, annotation sémantique et systèmes de réponse aux questions). L'approche utilisée par les laboratoires partenaires dans l'ensemble de ces domaines de recherche se fonde sur une évaluation comparative des performances des systèmes sur des données de test communes, et sur la discussion des méthodes utilisées à la lueur des résultats respectifs. Des travaux communs ont porté par ailleurs sur l'analyse et le traitement des erreurs en reconnaissance de la parole, sur la fusion de systèmes pour la vérification du locuteur et sur

l'utilisation de plusieurs langues pivots dans les systèmes de traduction automatique permettant d'améliorer les performances. Ces résultats ont fait l'objet de 94 publications en 2008-2009 (voir également les présentations des Groupes TLP et ILES).

Les résultats obtenus en matière d'amélioration des technologies ont déjà permis de développer des applications innovantes, en particulier le service pilote Voxlead News, en collaboration avec les sociétés Exalead et Vecsys Research. Ce service permet d'indexer automatiquement et d'effectuer des recherches dans des données audio (radio, TV et vidéo) recherches limitées jusqu'à présent aux données textuelles, et ce pour six langues (français, anglais, espagnol, mandarin, arabe et russe). Cette importante innovation ouvre des horizons nouveaux, et a été récemment intégrée dans le player HD de France 24, une nouvelle expérience de télévision interactive, et dans les applications de monitoring des médias et d'analyse de l'impact social de Yacast (FM Premium). De même, grâce à la transcription automatique des discours de la Présidence de la République, il est désormais possible de naviguer dans les vidéos du site rajeuni de l'Elysée. La transcription vocale a également été appliquée à la synchronisation e-Book et audiobook, avec Jouve. Le KIT a par ailleurs développé un système de traduction de la parole temps-réel distribué pour l'iPhone.

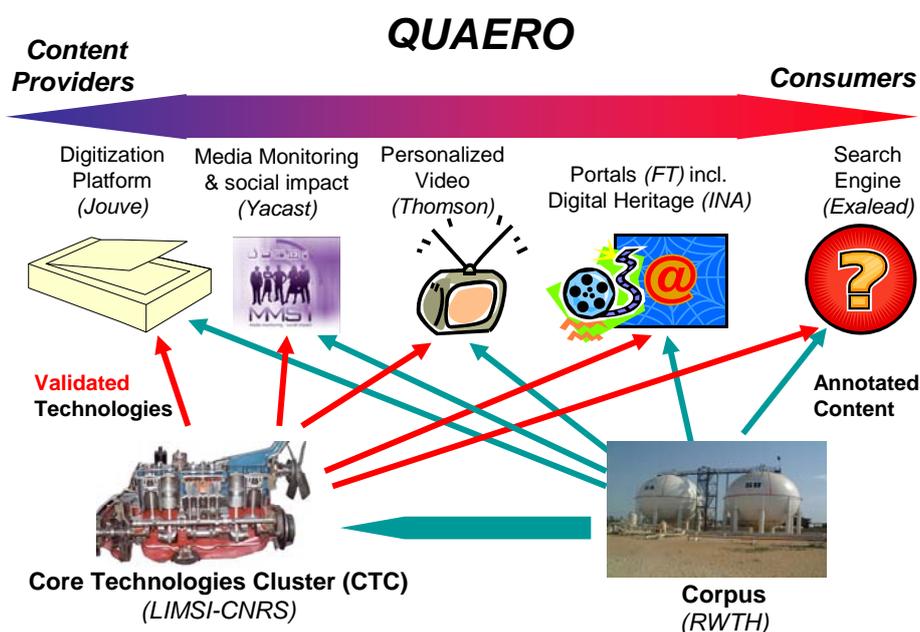


Fig. 1. Architecture du programme Quaero

## Local

Au plan local, les activités de l'IMMI bénéficient du soutien du RTRA Digiteo au travers des projets portés par le LIMSI. En 2007, deux projets ont été retenus : l'un sur la réalisation d'une plate-forme de traitement et de stockage pour les documents multimédias/multilingues et l'autre (Amadeo) sur l'Apprentissage à partir de grandes masses de données orales pour l'interaction orale homme-machine. En 2009, une chaire d'excellence senior Digiteo de trois ans a été obtenue pour Hermann Ney. La construction d'un bâtiment de 2500 m<sup>2</sup> à hauteur de 9,7 M€ financés par le CNRS et le Conseil Général de l'Essonne et l'acquisition de moyens informatiques à hauteur de 2,9 M€ financés par le CNRS et par le RTRA Digiteo à travers la fondation FCS, constitueront une priorité pour les mois à venir.

## National

Au plan national, l'IMMI intervient dans la promotion des technologies de la langue auprès de différents ministères. J. Mariani a participé à l'organisation des Etats Généraux du Multilinguisme organisés en septembre 2008 par la Délégation à la Langue Française et aux Langues de France (DGLF2) dans le cadre de la Présidence Française de l'Union Européenne. A cette occasion, Alex Waibel a donné une conférence plénière à La Sorbonne sur les technologies de la langue en soutien au multilinguisme. L'IMMI apporte son expertise à la DGLF2, et, à travers elle, au Ministère de la Culture et de la Communication, en matière de traitement informatique de la langue. J. Mariani est également intervenu auprès du Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie pour participer au pilotage d'une étude sur la mise en place d'un portail

multilingue pour l'innovation, dans le cadre du programme Euro-méditerranéen Euromed, traitant les langues du pourtour méditerranéen. Il participe actuellement à l'organisation d'un colloque initié par la représentation en France de la Commission Européenne, sur l'apport des technologies de la langue, et en particulier de la traduction automatique, dans le métier des traducteurs.

## Europe

Au plan Européen, l'IMMI est partenaire du réseau thématique FLReNet (*Fostering Language Resources Network*), mis en place en septembre 2008, dont l'objectif est de promouvoir la production et la diffusion des ressources linguistiques (données, outils et services). J. Mariani fait partie du Steering Committee du réseau, qui compte à présent 81 membres institutionnels et 318 chercheurs associés, et a la charge de la Roadmap liée à la diversité linguistique et thématique des ressources. Il a également participé à l'organisation des Forums de Vienne (2009) et Barcelone (2010), et a organisé un workshop sur les Less-Resourced Languages à Poznan (novembre 2009).

L'IMMI fait également partie du Réseau d'Excellence Européen T4ME (*Technologies for a Multilingual Europe*), qui a été retenu par la Commission Européenne dans son appel 2009, et a été lancé en février 2010. Le projet a pour objectif de mettre en place le réseau META-Net (*Multilingual Europe Technology Alliance Network*). L'IMMI, à travers le LIMSI et RWTH, participe aux activités de recherche sur la prise en compte du contexte pour améliorer la qualité de la traduction automatique. Il intervient dans la mise en place d'une Infrastructure Ouverte de Ressources (META Share) offrant des ressources linguistiques, où Gil Francopoulo apporte en particulier son savoir-faire en matière de métadonnées. Il intervient enfin dans les activités liées à la promotion de ce domaine de recherche et à son organisation pour les années à venir à travers la réalisation d'un *Strategic Research Agenda* à destination de la Commission Européenne. Il y coordonne la production d'une photographie de l'Etat de l'Art en Europe, pour les 23 langues officielles européennes, et au-delà.

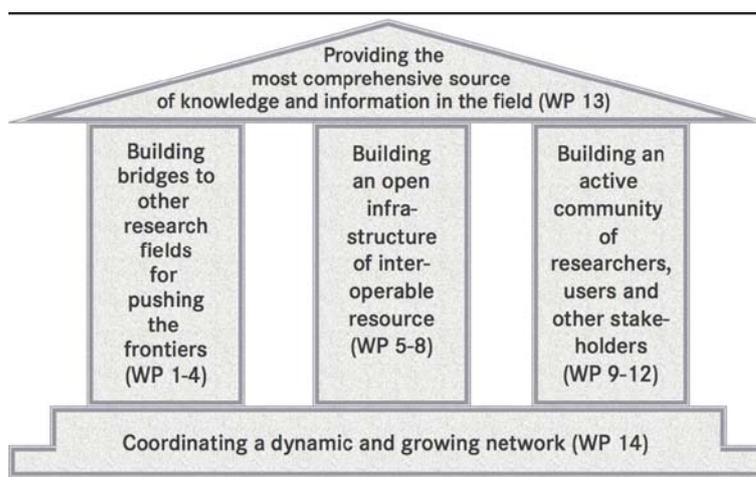


Fig. 2. La construction de T4ME.

Enfin, l'IMMI encourage l'utilisation à l'échelle européenne de l'évaluation objective et quantitative des performances des systèmes pour accompagner la recherche, et prépare des propositions allant dans ce sens pour les prochains appels de la Commission dans la deuxième phase du 7ème PCRD.

## International

Au plan international, l'IMMI est actif en particulier au sein de l'*European Language Resources Association* (ELRA), dont M. Garnier-Rizet est vice-présidente, et dans l'organisation de la conférence LREC (*Language Resources and Evaluation Conference*), qui rassemble tous les deux ans plus de 1200 personnes. Nous sommes également membre de TDA (*TAUS Data Association*) pour le partage des corpus parallèles pour la traduction. L'IMMI organise en décembre 2010 à Paris l'*International Workshop on Spoken Language Translation* (IWSLT 2010). J. Mariani et A. Waibel sont co-présidents du workshop, organisé en collaboration avec NICT (Japon), François Yvon est co-président du Comité de Programme et M. Garnier-Rizet est présidente du Comité d'organisation.

## Perspectives

A mi-parcours de Quaero, l'IMMI doit commencer à préparer la suite de ce programme majeur. Les opérations de construction du bâtiment et d'acquisition de matériel informatique lui permettront de bénéficier du cadre permettant de faire épanouir ce domaine de recherche dans le contexte du LIMSI. L'accueil de chercheurs allemands, rendu possible par la disponibilité de locaux provisoires, a commencé et se développera dans le cadre de recherches conduites en commun. Les technologies génériques résultant des recherches alimenteront de nouvelles applications innovantes, tirant en particulier bénéfice de l'augmentation de la qualité de la transcription de la parole multilingue et de la traduction automatique.

La mise en place d'un réseau Européen et la rédaction d'un *Strategic Research Agenda* pourraient déboucher dans le 8ème PCRD sur la création d'un véritable Espace Européen de la Recherche en Sciences et Technologies de la Langue pouvant permettre le multilinguisme en Europe et dans le monde, et associant les efforts de la Commission, des Etats-Membres et des régions, et d'autres pays partenaires.

## Personnel

Prénom	Nom	Statut	Fonction
Joseph	Mariani	DR CNRS	Directeur
Alex	Waibel	Prof. Univ. Karlsruhe	Directeur associé
Jean-Luc	Gauvain	DR CNRS	Directeur scientifique
Hermann	Ney	Prof. Univ. Aix la Chapelle	Directeur scientifique
Martine	Garnier-Rizet	CDD CNRS	Coordination Information scientifique
Line	Barreteau	CDD CNRS	Gestion et communication
Abderahman	Azhar	CDD CNRS	Support informatique
Gil	Francopoulo	CDD CNRS	Chercheur expert

## Interventions 2008-2009

### Conférences invitées

- J. Mariani, « Les Technologies de la Langue en soutien au Multilinguisme », International Seminar « Instrumente pentru asistarea traducerii », Bucarest, 28-29 février 2008
- J. Mariani, « Funding agencies in support to Language Processing: from the regional to the multinational scale », LREC'08, Marrakech, 28-30 mai 2008
- J. Mariani, « Soutien des technologies de la langue au multilinguisme », Atelier « Multilinguisme, traduction, circulation des œuvres », Etats Généraux du Multilinguisme, Paris, 23 Juin 2008
- A. Waibel, "Computer supported Human-Human communication", Etats Généraux du Multilinguisme, Paris, 26 septembre 2008
- A. Waibel « Multilingual computers that support Human-Human Communication », "Achievements and trends in Spoken Language Processing" workshop, Gif-sur-Yvette, 2 décembre 2008.
- J. Mariani, « Les technologies de la langue en soutien au Multilinguisme : une perspective Européenne », Congrès Mondial sur la Traduction Spécialisée, La Havane, 8-12 décembre 2008
- J. Mariani, « Les Technologies de la Langue en soutien au Multilinguisme », International Forum on multilingualism, Bamako, 19-21 janvier 2009
- J. Mariani, Introduction to session 1 "Broadening the Coverage, Addressing the Gaps", European Language Resources and Technologies Forum "Shaping the Future of the Multilingual Digital Europe", Vienna, Austrian Academy of Sciences, 12-13 février 2009
- J. Mariani, « The international challenge of Natural Language Processing. », Introductory remarks, ATALA 50th anniversary conference, Paris-La Sorbonne, 23 juin 2009
- H. Ney, "Statistical Machine Translation", Invited Talk, ATALA 50th Anniversary conference, Paris-La Sorbonne, 23 juin 2009
- J. Mariani, « Vers une infrastructure européenne en soutien aux Technologies de la Langue. », Séminaire DGA/DET/CEP, Paris, 30.06-01.07 2009

- J. Mariani, « Sharing the effort to produce the needed Language Resources », Workshop "New Horizons for Linguistic Resources in a Global Context", Barcelona, 7-8 juillet 2009
- J. Mariani, « Language Technology Infrastructures in support to Multilingualism », 3rd International Universal Communication Symposium, Tokyo, 3-4 décembre 2009
- J. Mariani, K. Choukri, Z. Vetulani, "Introductory remarks", "Getting Less-Resourced Languages on-Board" Special Session, LTC'09, Poznan, 6-8 novembre 2009

### Articles de vulgarisation

- J. Mariani, Video Interview, Etats-Généraux du Multilinguisme, Ministère de la culture, septembre 2008, ([http://www.dailymotion.com/video/x6gdum\\_joseph-mariani-directeur-mi-cnrs\\_news](http://www.dailymotion.com/video/x6gdum_joseph-mariani-directeur-mi-cnrs_news))
- Présentation de l'UMI « IMMI », Le CNRS et l'Europe, Brochure du CNRS, octobre 2008
- « Un institut pour naviguer d'une langue à l'autre », Le Journal du CNRS, n°232, mai 2009
- Interview J. Mariani, H. Ney, "Pour l'ordinateur, traduction rime moins avec trahison », Le Monde, 4 juillet 2009
- « Pour que l'Europe ne soit plus un No man's langue », Plein Sud, juillet 2009
- « Breaking language barriers », CNRS International magazine n°14, juillet 2009
- « Nieder mit den Sprachbarrieren: Universität Karlsruhe gründet in Paris neues Deutsch-Französisches Zentrum für multilinguale Informationsverarbeitung », KIT Presseinformation, Nr. 075 | lg | 14.07.2009
- Interview J. Mariani, « Traitement de la parole et des documents multimédias : un enjeu défense », Diagonal, DGA/COM, Ministère de la Défense, Numéro 215, septembre 2009
- Interview J. Mariani, « Des technologies au service du Multilinguisme », Journal Culture-Communication, Ministère de la Culture et de la Communication, novembre 2009

### Prix et résultats d'évaluation

- *Most Practical Demonstration Award*, attribué à Exalead et au LIMSI et Vecsys pour Voxalead News, Conférence ACM Multimedia *Grand Challenge* Pékin, octobre 2009
- *Best Student Paper Award* pour la communication de S. Wiesler, M. Nussbaum-Thom, G. Heigold, R. Schülter et H. Ney (RWTH) "Investigations on features for log-linear acoustic models in continuous speech recognition" à ASRU'09 (Merano, Déc. 2009)
- *Best results in Audio track* pour le système du LIMSI à l'évaluation QAST à QA@CLEF'08 (Aarhus, Sept. 2008) et à QA@CLEF'09 (Corfou, Sept-Oct 2009)
- *Best results* pour le système de reconnaissance de la parole commun LIMSI-Vecsys Research à l'évaluation N-Best 2008 (Soesterberg, Sept. 2008)
- *Best results* pour le système de reconnaissance de la parole du LIMSI à l'évaluation TechnoLangue ESTER'08

### Contrats

#### Quaero

*Organisme financeur* : Oséo Innovation

*Partenaires* : France : Technicolor (Coord.), France Telecom, Jouve, JSI, Exalead, Yacast, Bertin Technologies, LTU Technologies, Synapse, Vecsys, Vecsys Research, Bibliothèque Nationale de France (BNF), Institut National de l'Audiovisuel (INA), Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE), Direction Générale de l'Armement (DGA), Institut Télécom, INIST-CNRS, INRA, INRIA, IRCAM, IRIT, LIMSI-CNRS, CNRS-GREYC, CNRS-IMMI, LIPN, UJF, Allemagne : Deutsche Thomson, Thomson Grass Valley Germany, RWTH Aachen University, Karlsruhe Institute of Technology

*Sujet* : Traitement des documents multilingues et multimédias

- *Durée* : 5 ans (mai 2008 – avril 2013)
- *Budget/soutien total* : 199/99 M€
- *Budget/soutien IMMI* : 1,7/1,7 M€
- *Budget/soutien LIMSI* : 16,6/8,3 M€
- *Budget/soutien RWTH* : 10,3/5,1 M€
- *Budget/soutien KIT* : 10,3/5,1 M€

#### FLaReNet (Fostering Language Resources Network)

*Organisme financeur* : Commission Européenne

*Partenaires principaux* : CNR-ILC (Italie, coord.), Univ. Vienna (Autriche), Univ. Pompeu Fabra (Espagne), CNRS LIMSI & IMMI (France), ELDA (France), ILSP (Grèce), Univ. Utrecht (Pays-Bas). Autres partenaires : Max Planck Institute for Psycholinguistics, Bielefeld University, DFKI, Linguatex, Langenscheidt, Siemens (Allemagne), University of Antwerp (Belgique), Bulgarian Academy of Sciences (Bulgarie), University of Copenhagen (Danemark), Universitat Politècnica de Catalunya (Espagne), CEA LIST (France), Sheffield Univ., The Open University, University of Manchester (GB), Morphologic.(Hongrie), Fondazione Bruno Kessler (Italie). Vrije Universiteit Amsterdam (Pays-Bas), Adam Mickiewicz University (Pologne),

Romanian Academy of Science (Roumanie), Jožef Stefan Institute (Slovénie), Charles Univ. (République Tchèque).

- *Sujet* : Promotion des ressources linguistiques
- *Durée* : 3 ans (Septembre 2008 – Août 2011)
- *Budget total* : 900 K€
- *Budget IMMI* : 36 K€

#### **T4ME (Technologies for a Multilingual Europe)**

*Organisme financeur* : Commission Européenne

*Partenaires* : DFKI (Allemagne, Coord.), RWTH (Allemagne), Barcelona Media (Espagne), Aalto Univ. (Finlande), CNRS-LIMSI & IMMI (France), ELDA (France), ILSP (Grèce), CNR-ILC (Italie), Utrecht Univ. (Pays-Bas), Charles University (République Tchèque).

*Sujet* : Mise en place d'un Réseau d'Excellence sur les Technologies de la Langue en soutien au Multilinguisme

- *Durée* : 3 ans (février 2010 – janvier 2013)
- *Budget total* : 7,6 M€
- *Budget IMMI* : 516 K€

PATRICK LE QUERE

## Introduction

La Mécanique des fluides et l'Énergétique sont au cœur de nombreux grands enjeux de société dans les domaines de l'énergie, des transports ou de l'environnement. Les réponses à ces enjeux dépendent de la levée et de la maîtrise de verrous technologiques de plus en plus pointus, qui reposent sur une connaissance de plus en plus fine des phénomènes, dans toute leur complexité et leurs interactions. Elles nécessitent également l'amélioration continue des capacités de modélisation, de simulation et d'optimisation, vecteurs de la capitalisation des progrès des connaissances permettant un remplacement progressif de l'empirisme par le déterminisme. Les recherches effectuées au sein du département de Mécanique-Energétique s'inscrivent dans cette démarche, et l'ambition et la volonté du département sont de contribuer à l'amélioration de la compréhension des phénomènes, isolés ou en interaction, et au développement de méthodologies numériques, expérimentales et théoriques permettant d'accroître les capacités prédictives des modèles. L'amélioration de ces capacités prédictives est également au cœur des avancées méthodologiques permettant une amélioration, une optimisation ou un contrôle des processus ou procédés dans lesquels ces phénomènes interviennent. Nos recherches procèdent ainsi d'une stratégie de recherche duale, alliant une démarche déductive, chaque thématique progressant selon sa propre logique de production de connaissances, et une démarche inductive, en partant de situations ou problèmes concrets posés par nos partenaires industriels ou socio-économiques. Maintenir un équilibre dans cette dualité nous semble indispensable pour inscrire notre action dans le long terme, en conciliant les impératifs de production de connaissances et ceux de leur valorisation socio-économique ou sociétale et permettre ainsi une évaluation conciliant ces deux missions.

## Les axes de recherche du département

Les recherches développées dans le département abordent une grande variété d'aspects en mécanique des fluides et énergétique : par la gamme des échelles couvertes qui vont des échelles micrométriques en micro thermique jusqu'aux échelles décimétriques en aérodynamique externe ; par la gamme des vitesses considérées qui vont des écoulements à petits nombres de Reynolds aux écoulements supersoniques ; par la variété des techniques d'investigation qui couvrent la modélisation et simulation numérique ainsi que l'approche expérimentale ; par la variété des approximations numériques utilisées, qui comprennent les méthodes de volumes finis, d'éléments finis, les méthodes spectrales déterministes ou stochastiques, ainsi que des réductions sur des bases réduites ; par la variété des finalités, qui vont d'études à finalité purement cognitive jusqu'à des réalisations de démonstrateur technologique. Au-delà de cette apparente diversité, qui constitue de fait la richesse scientifique du département, les activités sont structurées autour de deux thématiques principales, qui transcendent la structuration en trois groupes de recherche et actions transversales : la mécanique des fluides d'une part et les transferts et l'énergétique d'autre part, certaines activités pouvant de fait relever de l'une ou l'autre thématique selon la finalité mise en avant.

## Mécanique des fluides : instabilités, turbulence

La mécanique des fluides connaît depuis quelques années un renouveau certain avec l'amélioration des capacités de simulations d'écoulements instationnaires, transitionnels ou turbulents, et le développement de méthodologies ayant pour objet d'utiliser ces améliorations dans une perspective de manipulation ou de contrôle, permettant ainsi d'atteindre des objectifs prédéfinis. Le département possède en fait une très longue tradition, qui remonte aux origines du laboratoire, en matière d'aérodynamique externe. Depuis plus d'une dizaine d'années, cette activité de recherche s'est concentrée sur le développement de la modélisation et de la simulation numérique par simulation des grandes échelles (SGE). L'objectif est de disposer d'outils de simulation permettant de simuler des écoulements à grand nombre de Reynolds, dans un triple but : comprendre la dynamique spatio-temporelle des structures tourbillonnaires décollées ; disposer de capacités prédictives quantitatives pour les objectifs industriels ; utiliser ces outils pour développer des stratégies de manipulation et de contrôle. Atteindre ces objectifs demande de travailler à la fois sur l'amélioration de la qualité de l'approximation numérique, sur le développement ou l'amélioration des modèles de sous-maille, ainsi que sur des études systématiques permettant en particulier de faire la part de la dissipation numérique due au modèle sous-maille de celle inhérente à l'approximation spatiale, inévitable à très grand nombre de Reynolds. Dans ce domaine, les efforts récents ont porté sur le développement de méthodes d'approximation

multi-échelles originales dans un contexte d'approximation par éléments finis et volumes finis, ainsi que sur le développement de schémas de haute résolution pour la capture des discontinuités en écoulements compressibles. Un autre point particulièrement important pour l'efficacité des simulations LES en écoulement ouvert concerne les conditions aux limites en entrée de domaine de simulation permettant de reproduire les structures cohérentes qui résulteraient du développement amont de l'écoulement. Cette condition est nécessaire pour que l'écoulement retrouve rapidement une dynamique appropriée et nous coordonnons un projet ANR CALINS dont l'objet est l'examen de différentes méthodes pour déterminer et imposer ces conditions aux limites. Une des possibilités est d'introduire à la frontière amont des conditions provenant de réalisations périodiques, projetées sur des bases réduites de type POD, pour compacter l'information.

Faisant appel à une modélisation des échelles non résolues, les capacités prédictives des modèles reposant sur une approche LES demandent à être validées par confrontation avec des réalisations turbulentes effectuées dans des conditions analogues, ces réalisations turbulentes pouvant être d'origine expérimentale ou numérique. Sur le plan expérimental, une part de cette validation est faite en interne, par comparaison avec des données obtenues sur un montage expérimental consistant en un écoulement d'interaction couche limite-encoche à nombre de Reynolds modéré, le champ de vitesse étant mesuré par Vélocimétrie par Imagerie de Particules (PIV). Un des objectifs est de vérifier l'une des hypothèses fondamentales qui sous-tend la SGE, le fait que la simulation numérique reproduit correctement la dynamique spatio-temporelle des échelles de taille supérieure à la fréquence de coupure. Cette activité expérimentale développe par elle-même ses propres outils méthodologiques, en particulier en relation avec les techniques de flot optique. Si ces techniques sont maintenant éprouvées pour les écoulements stationnaires, l'objectif est maintenant de qualifier la capacité de la PIV à restituer la cascade d'échelles présentes au sein d'un écoulement turbulent, et en particulier de quantifier l'évolution spatio-temporelle des différentes échelles. Une partie de ces travaux a été effectuée dans le cadre du projet ANR HISPEED PIV, coordonné par le FAST, et se poursuit actuellement dans le cadre d'un autre projet ANR-DIB, coordonné par le LEA/PPRIME, visant à corrélérer l'acoustique rayonnée avec la signature pariétale des fluctuations du champ de pression. Ces comparaisons entre écoulements turbulents amènent inéluctablement à se poser la question de savoir quelle est la bonne "norme" pour comparer des réalisations expérimentale et numérique d'un écoulement turbulent. La comparaison point à point étant évidemment hors de propos et la seule comparaison des moments d'ordre 0 et 1 étant manifestement insuffisante, des approches mixtes alliant des aspects déterministes et statistiques s'imposent. Les techniques d'analyse par Décomposition aux Valeurs Propres (Proper Orthogonal Decomposition) de la hiérarchie des grosses structures énergétiques présentes dans l'écoulement peuvent en particulier constituer une méthodologie pertinente de comparaison. Une partie de ces travaux a été effectuée dans le cadre de notre participation au projet européen WALLTURB, piloté par le LML, en ce qui concerne l'analyse des structures cohérentes dans les couches limites.

Une autre possibilité de validation consiste à confronter les simulations LES avec des simulations numériques directes (SND). Cette confrontation apparaît particulièrement intéressante, car les SND permettent de se mettre très exactement dans des conditions semblables à celles des simulations SGE, du point de vue du modèle physique ou géométrique, chose souvent difficile avec des réalisations expérimentales. En contrepartie, les SND devant capturer toutes les échelles spatiales et temporelles de l'écoulement, elles sont encore limitées à des nombres de Reynolds modérés et à des géométries simples par rapport à celles rencontrées dans la moindre des configurations industrielles. De par leurs objectifs, les SND doivent reposer sur des méthodes de haute précision et elles constituent en particulier un terrain privilégié d'application pour les méthodes spectrales. Le département a été depuis longtemps au cœur du développement des méthodes spectrales Chebyshev et dispose de différents codes permettant la simulation précise de certaines classes d'écoulements. Les efforts récents ont porté sur le développement de méthodes multi-domaines ainsi que leur adaptation pour le traitement de géométries non rectangulaires, travail faisant l'objet d'une thèse en cours. Une autre voie possible consiste à améliorer localement la résolution spatiale, notamment par des techniques de raffinement adaptatif local, méthode explorée dans la thèse de L. Bentalab soutenue en 2006. Cette approche a été suivie pour des simulations d'écoulements en tube à choc en utilisant un schéma explicite en temps, permettant d'améliorer la détermination de solutions de référence qui avait été entreprise antérieurement, et se poursuit avec la thèse de S. Bensmina. Le travail de thèse de L. Monasse, en collaboration avec le CEA, constitue une extension pour la modélisation du couplage fluide-structure. L'application de ces techniques pour des écoulements visqueux basse vitesse faisant appel à une discrétisation implicite en temps se heurte à des difficultés algorithmiques qui nécessitent des développements spécifiques permettant leur mise en œuvre efficace. Ces simulations numériques directes constituent un outil d'investigation privilégié pour l'étude de la transition à la turbulence ou de configurations faiblement turbulentes lorsqu'on s'intéresse à des géométries limitées par des parois solides. Une avancée majeure a été obtenue ces dernières années, démontrant, au sein d'un écoulement de Couette à nombre de Reynolds modéré, la coexistence de bandes laminaires et turbulentes, inclinées par rapport au déplacement

moyen, confirmant des résultats expérimentaux récents. Dans cette suite, des travaux récents, effectués dans le cadre de l'ANR RS-PEGASE qui vient de se terminer, concernent la simulation des transferts convectifs en canal plan en situation non-Boussinesq, lorsque les écarts de température sont élevés. Ils visent à quantifier les dissymétries introduites par rapport à la situation Boussinesq et à obtenir des données de référence pour valider ou questionner les modélisations de type RANS.

Ce savoir-faire en matière de simulation à grand nombre de Reynolds ainsi que la connaissance approfondie de la dynamique tourbillonnaire ouvre la voie vers la manipulation d'écoulements par des techniques comme le soufflage ou l'aspiration en paroi, ainsi que par le contrôle passif ou actif. La première technique est utilisée en vue du contrôle des structures de proche paroi en écoulement turbulent en canal, le contrôle se faisant par aspiration-soufflage actionné par un réseau de neurones. Ce travail a fait l'objet de la thèse de Li Vodinh soutenue en 2006. Cette technique par aspiration-soufflage a également été mise en œuvre pour contrôler l'écoulement autour de cylindres avec ou sans volets, dans le cadre de la thèse de G. Fournier soutenue en 2005, dans la suite des études sur la propulsion éolienne, de longue tradition au LIMSI. Ces travaux se poursuivent actuellement par notre participation au projet ANR CORMORED, coordonné par le LEA/PPRIME, sur le développement de contrôle robuste par modèles réduits, projet ANR lancé dans le cadre du GdR Contrôle des Décollements. Ces algorithmes de contrôle amènent à se poser la question essentielle de la robustesse de l'écoulement contrôlé par rapport à de petites incertitudes, inévitables dans la mise en œuvre pratique. De manière plus générale, il est aussi important de vérifier que les résultats issus de simulations de modélisations de configurations comportant des incertitudes de modélisation présentent un certain degré de robustesse, définie ici comme l'insensibilité de la solution aux variations des différents ingrédients du modèle mathématique utilisé pour les prédictions. Une technique consiste à supposer que les grandeurs incertaines sont des variables aléatoires caractérisées par leurs moments statistiques, et à quantifier les propriétés statistiques correspondantes de la solution. Cette méthodologie, de portée très générale, est appelée à devenir de plus en plus présente, au fur et à mesure que les modèles deviennent de plus en plus complexes, tant en mécanique des fluides pure que pour les transferts et l'énergétique de manière plus générale. Cette activité donne lieu à une collaboration active avec le CEA/DEN de Saclay, collaboration soutenue par le RTRA Digiteo. Elle se développe notamment dans le cadre d'un projet ANR Jeune Chercheur, ASRMEI, porté par O. Le Maître et L. Mathelin. Elle apparaît également comme une nouvelle thématique au sein du GNR MOMAS, dont O. Le Maître a pris la co-direction.

Un autre domaine sur lequel le département possède une expertise reconnue est l'étude des écoulements en convection et rotation, ces deux classes d'écoulements étant de fait liées par une profonde analogie. Le savoir-faire repose ici sur une excellente connaissance de la phénoménologie de ces écoulements, de leurs lois d'échelles, de leurs propriétés de transfert, alliée à la maîtrise des outils de simulation numérique permettant tout à la fois de caractériser leurs critères de stabilité et de simuler avec fiabilité ces écoulements en régime transitionnel et turbulent. En ce qui concerne l'investigation de leurs instabilités, longtemps effectuée par intégration des équations instationnaires, les efforts ont porté sur le développement d'un ensemble de méthodes alliant calcul de solutions stationnaires, même instables, méthodes de continuation, recherche des éléments vedettes du jacobien, et intégration sous forme perturbative des équations linéarisées ou non-linéaires. Cet ensemble d'outils a permis d'effectuer des progrès considérables dans la compréhension des instabilités hydrodynamiques de certaines classes d'écoulements, principalement confinés, comme les écoulements de convection thermique, sous ou hors approximation de Boussinesq, thermo-solutale ou thermo-capillaire ainsi que les écoulements produits par l'effet d'un cisaillement, comme les écoulements interdisques ou entre plans parallèles. Un des objectifs est de continuer à faire progresser ces méthodes, en particulier en amplifiant l'effort du côté tridimensionnel. Signalons en particulier le travail de thèse en cours de Lyes Kahouadji, visant à déterminer les conditions de stabilité d'un écoulement en cuve tournante avec surface libre. Par ailleurs, ces développements pourraient constituer la base d'une technique de réduction de modèle alternative à la POD. Elle consiste, pour des écoulements transitionnels, à obtenir un système différentiel de bas ordre par développement sur la base des modes propres du jacobien des équations de Navier-Stokes, ce qui suppose de pouvoir disposer des modes de l'adjoint du jacobien. Le calcul de l'adjoint est également déterminant pour localiser les zones de sensibilité maximale pour manipuler la solution ainsi que pour développer des méthodes de contrôle optimal. Ces techniques de recherche de modes propres ont également été appliquées à l'étude du déclenchement des instabilités thermoacoustiques.

Un effort important de ces dernières années a consisté à développer des outils pour modéliser et simuler les écoulements MHD dans des configurations pertinentes pour l'étude de l'effet dynamo, ces études effectuées dans le cadre du GdR Dynamo visant à expliquer la genèse du champ magnétique terrestre, à travers, en particulier, la modélisation des expériences VKS (Von Karman Sodium). La modélisation et la simulation numérique constituent un outil tout particulier pour l'investigation de ces phénomènes intrinsèquement couplés, les expériences étant particulièrement délicates en l'absence d'une vision claire des

mécanismes explicatifs en raison de l'impossibilité de reproduire toutes les conditions de similitude. La spécificité de notre contribution a consisté à développer, en étroite collaboration avec J.-L. Guermond, et dans le cadre de la thèse de R. Laguerre soutenue en 2005 et de la thèse en cours de A. Ribeiro, un outil de simulation permettant de résoudre les équations couplées de la MHD, le domaine considéré pour la MHD permettant un bouclage des lignes de champ à l'infini et l'algorithme permettant d'imposer de manière exacte les conditions de saut à l'interface entre des milieux de conductivité électrique différente.

## Thermique et énergétique

Cet axe thématique correspond à une variété de finalités et d'approches méthodologiques qui vont d'études fines de composants élémentaires jusqu'à la réalisation de démonstrateurs industriels ayant pour dénominateur commun les transferts, principalement de chaleur, étudiés pour leur finalité applicative, l'énergétique. Ces études sont majoritairement portées par le groupe Transferts Solide-Fluide et l'Action Transversale Thermoacoustique et Cryogénie, ainsi que, dans une certaine mesure, par le groupe Convection et Rotation. Le lien avec la thématique mécanique des fluides se fait à travers le partage d'un certain nombre d'outils méthodologiques consistant principalement en la résolution numérique des équations gouvernant les phénomènes de transfert, en situation de couplage. Un deuxième lien se fait à travers la convection, au sens large, ici étudiée pour ses propriétés de transfert, éventuellement en couplage avec d'autres modalités de transfert. Participent de cette proximité les études sur l'analyse second principe des écoulements de convection naturelle en cavité, les études des transferts thermiques en situation d'écoulement oscillant ainsi que les études visant à aborder par simulation numérique directe les écoulements diphasiques avec changement de phase. Les configurations de transfert étant par nature couplées, les études expérimentales interviennent ici de manière prépondérante, tout autant pour obtenir des données expérimentales permettant de vérifier les hypothèses de modélisation ainsi que la justesse et la précision des algorithmes mis en œuvre, ou plus simplement pour obtenir des données inaccessibles par simulation numérique en raison de l'impossibilité de développer des algorithmes permettant de modéliser les phénomènes dans toute leur complexité, complexité souvent liée à la multiplicité des échelles spatiales et temporelles présentes. Cette démarche expérimentale va jusqu'au développement de machines thermoacoustiques grandeur nature, permettant de valider la maîtrise des compétences en matière de conception et dimensionnement de machines thermoacoustiques destinées à la production de froid à très basse température. La modélisation de telles machines et la maîtrise de leurs conditions de fonctionnement fait en retour appel à des compétences disciplinaires dans différents domaines, qu'il s'agisse de la maîtrise des conditions de déclenchement des ondes thermoacoustiques en conditions réelles, la modélisation de divers composants particulièrement sensibles comme le stack ou la quantification des pertes acoustiques dues aux fortes non-linéarités inhérentes aux puissances importantes recherchées.

Ces dernières années ont vu un effort important en matière de modélisation et simulation des écoulements diphasiques avec transfert de masse, destinées à compléter l'effort expérimental entrepris auparavant, en particulier en ce qui concerne la compréhension des mécanismes de base intervenant lors de la formation et croissance d'une bulle de vapeur isolée. L'objectif est de développer des algorithmes efficaces et précis permettant d'obtenir, après validation, des quantités inaccessibles expérimentalement permettant de valider certains mécanismes ou hypothèses. Cette thématique a bénéficié de l'arrivée d'un chercheur CNRS, qui a apporté avec lui son savoir-faire en matière de simulation d'interfaces liquide-gaz. La spécificité et l'originalité de l'approche suivie est de pouvoir traiter simultanément, dans un même domaine de calcul, à la fois une phase incompressible et une phase fortement dilatable, avec la prise en compte des conditions thermodynamiques réelles à l'interface. Une thèse est également en cours sur ce sujet. Ces études sur l'ébullition ont également été à l'origine de comparaisons mesures-calculs enrichissantes sur les transitoires en convection naturelle externe, posant la question des conditions aux limites pertinentes sur la frontière ouverte du domaine de calcul.

L'analyse de la convection naturelle d'un point de vue second principe a été motivée par l'idée d'examiner si la structuration des écoulements de convection naturelle obéissait à des critères d'optimisation fondés sur des principes entropiques. La formulation même de ces équations a conduit, dans un premier temps, à reformuler un système d'équations plus consistant d'un point de vue thermodynamique que les équations de Boussinesq, notamment à travers la prise en compte du travail des forces de pression. L'analyse dimensionnelle de ces équations a permis d'obtenir des résultats originaux notamment sur le domaine de validité des équations de Boussinesq. Il a été montré, contrairement aux idées admises, que cette approximation n'était pas valide, à nombre de Rayleigh donné, pour des écarts de température faibles ou plus exactement pour des hauteurs importantes, en raison notamment du travail des forces de pression. Ces compétences en matière d'analyse entropique trouvent également des applications dans le domaine de l'étude des systèmes de climatisation solaire, effectuée dans le cadre d'un projet ANR PREBAT, et son extension récente aux systèmes de climatisation par roue dessiccante.

Les études de cinétique d'adsorption, longue tradition au LIMSI, maintenant arrêtées, ont trouvé une prolongation dans le cadre de l'Action Concertée de Recherche H2-THERM du programme Énergie consistant à modéliser le processus de stockage d'hydrogène dans des réservoirs en vue d'applications pour la motorisation automobile. Notre contribution, en collaboration avec le LIMHP dans le cadre d'une co-direction de thèse, a consisté à simuler les écoulements lors de la charge pour examiner l'influence de l'hydrodynamique sur les temps caractéristiques.

Un peu en marge sur le plan de la description physique et des outils méthodologiques mis en jeu, la détermination de la résistance Kapitza entre un fluide et un solide à très basse température fait appel à des outils de description de la physique du solide. Des résultats originaux sur le couplage entre diffusion des phonons par les rugosités de surface ont été obtenus grâce à un dispositif particulièrement innovant sur le plan métrologique fondé sur une excellente connaissance et maîtrise des phénomènes physiques. Si cette activité est un peu isolée au laboratoire, elle trouve sa logique de positionnement dans la fédération transferts de masse et de chaleur ainsi qu'au sein du GdR micro et nano-thermique.

Enfin, une partie du potentiel de recherche a pour objet, directement ou indirectement, la conception et l'optimisation de systèmes de production de froid par thermoacoustique. De tels systèmes, constitués d'un compresseur et d'un tube à gaz pulsé, sont des ensembles complexes qui doivent être optimisés globalement à partir de composants élémentaires qui sont eux-mêmes complexes. L'identification des paramètres déterminant les points de fonctionnement et recensant toutes les sources de pertes doit être menée de façon méticuleuse, à l'aide d'études spécifiques prenant en compte le couplage avec les autres composants et l'environnement global de fonctionnement. Le déclenchement des ondes d'instabilité dans le compresseur, leur saturation non-linéaire, les échanges thermiques dans le stack d'un fluide en régime oscillant, les effets de streaming, autant d'exemples qui sont à même de bénéficier des compétences disciplinaires développées dans chacun des groupes et en retour d'y susciter de nouveaux développements. Une étude qui a donné lieu à la thèse de Ph. Debesse, soutenue en 2008, concerne l'investigation expérimentale des effets de streaming. Ce travail a bénéficié des compétences en vélocimétrie laser et PIV en mécanique des fluides expérimentale. Une autre thèse maintenant terminée, celle d'A. Bétrancourt, a concerné la poursuite du développement des codes permettant de tester et de dimensionner des architectures de machines thermoacoustiques, logiciels dont la version initiale a fait l'objet d'une cession de licence à la société Hekyom qui développe l'ingénierie des machines thermoacoustiques pour la production de froid. Un exemple récent de synergie croisée entre les groupes disciplinaires et l'action transversale de thermoacoustique est la modélisation et la simulation, à l'aide d'un code de calcul permettant la simulation de la convection non-Boussinesq autorisant la prise en compte des couplages conductifs dans des parties solides, des gradients de température dans le stack résultant de l'oscillation thermoacoustique. Une étude récente, en collaboration avec le Pr. L. Bauwens, a consisté à coupler une modélisation bas-Mach du stack avec un modèle d'acoustique linéarisés dans le résonateur. Le modèle a permis de simuler le déclenchement de l'instabilité thermoacoustique. Enfin, la thèse en cours de R. Paridaens vise à mesurer directement expérimentalement les dissipations acoustiques résultant des distorsions des champs moyens par les effets non-linéaires. La partie la plus technologique de cette action, la conception et le développement de prototypes industriels, sont effectués en partenariat avec l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay, sans lequel ces développements n'auraient pas été possibles. Ces stations d'essais sont destinées à valider les concepts et les logiciels de dimensionnement, ainsi qu'à apporter la preuve de faisabilité de cette nouvelle technologie de production de froid.

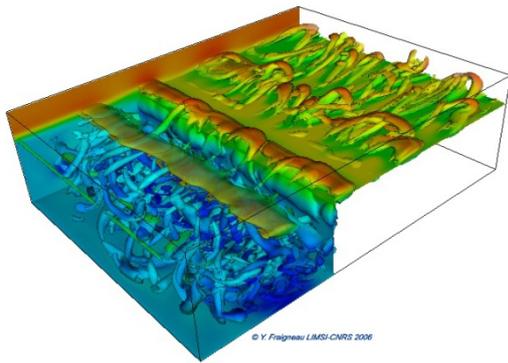
## Cellules support

### Cellule Informatique Graphique et Ingénierie Thermo-Aéroulrique (CIGITA)

*J. Chergui, A.T. Dang, Y. Fraigneau*

La cellule CIGITA contribue de manière importante aux activités de recherche du laboratoire dans les domaines de l'informatique et du calcul scientifique. Elle assure tout d'abord au sein du département la maintenance du parc machine, composé essentiellement de PC LINUX, et des différents logiciels nécessaires à l'exploitation et la valorisation des résultats obtenus -bibliothèques scientifiques, logiciels de post-traitement, de visualisation (A. T. Dang).

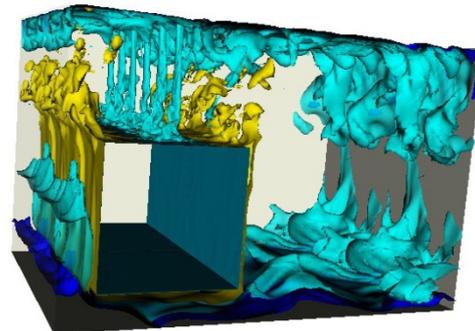
La cellule est également chargée de la capitalisation du savoir-faire du département en matière de méthodes numériques et d'outils de simulation (Y. Fraigneau, J. Chergui). A cette fin, elle développe ou met à jour des codes de calculs suivant des critères de qualité tels que la généricité, la portabilité et l'optimisation. Ainsi, les codes sont opérationnels pour diverses configurations d'études et présentent de bonnes performances sur différents types de calculateurs (machines scalaires et vectorielles, architecture parallèle), ce qui leur assure une certaine pérennité.



*Visualisation de la structuration de l'écoulement au-dessus d'une cavité ouverte*

convection naturelle et mixte ont été conduites. Les derniers travaux ont été effectués dans le cadre du programme MAEVA. Ils visent à améliorer les capacités prédictives d'écoulements de convection mixte autour d'obstacles chauffés, en collaboration avec l'ONERA et AIRBUS. Ils ont été menés en concertation avec des expériences de laboratoire réalisées à l'ONERA-CERT. Une démarche systématique d'investigation a permis de montrer la nécessité d'effectuer des simulations 3D, même en supposant la solution périodique dans la troisième direction pour retrouver ne serait-ce que la structure 2D de l'écoulement moyen. Ces simulations ont nécessité plusieurs milliers d'heures de calcul sur le SX8 de l'IDRIS pour obtenir des statistiques convergées.

La cellule CIGITA a été renforcée par l'arrivée au début 2005 de J. Chergui, IR2, en provenance de l'IDRIS. La mission prise en charge par J. Chergui est de promouvoir le développement du calcul parallèle intensif, sur les plans algorithmique et matériel, en effectuant la migration vers des architectures de type cluster de certains codes fondés sur des algorithmes qui exploitent les capacités vectorielles des machines de l'IDRIS. En ce qui concerne les aspects algorithmes, diverses stratégies de parallélisation ont été implémentées et testées, certaines fondées sur du parallélisme de type, d'autres basées sur des techniques de décomposition de domaines, nécessitant des refontes plus profondes des algorithmes. En particulier un code spectral tri-dimensionnel résolvant les équations de Boussinesq initialement développé par S. Xin a été parallélisé par une technique de complément de Schur. Le tableau ci-dessous montre une excellente scalabilité sur la machine Zahir de l'IDRIS.



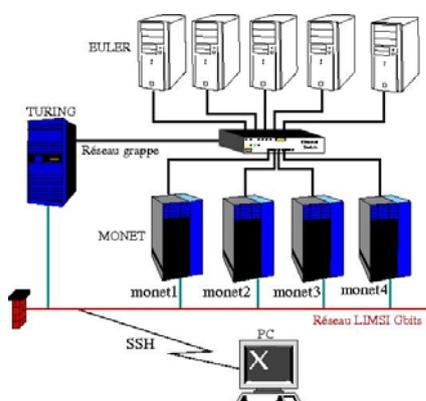
*Écoulement de convection mixte en cavité : jets de refroidissement provenant du plafond impactant sur un barreau chauffant- isosurfaces du champ de température instantanée. Programme MAEVA*

#Processeurs	4	8	16	32
Temps de restitution (en secondes)	309	330	290	327

Ce code est aujourd'hui utilisé dans un sous-projet de DEISA-JRA6 intitulé « *Coupling of turbulent natural convection with radiative heat transfert in buildings* » animé par le LIMSI, LET et EM2C auquel l'IDRIS participe.

Un travail en cours concerne la parallélisation de l'algorithme code volumes finis reposant sur une approche prédiction-projection en vitesse-pression largement diffusée au sein du département, permettant entre autres de traiter des domaines géométriques avec obstacles internes. L'algorithme permettant d'effectuer l'étape de projection, consistant en la résolution d'un laplacien, est d'ores et déjà opérationnel.

Un autre travail en cours concerne la parallélisation du code explicite en temps avec suivi d'interfaces de type front-tracking développé par D. Juric permettant la simulation d'écoulements diphasiques, dans le but d'en améliorer l'efficacité et de pouvoir traiter des populations de bulles avec des temps de retour raisonnables.



Ces développements algorithmiques se sont accompagnés de l'installation d'un petit cluster de calcul, soutenu par les Actions sur programme du laboratoire.

Installée en septembre 2005, cette grappe compte aujourd'hui 32 processeurs répartis sur 13 nœuds de 8 Go de mémoire et un volume global d'espace disque avoisinant les 4,5 To. Soutenue notamment par une ASP du laboratoire, cette grappe a un double objectif :

- tester les algorithmes en local avant de passer en exploitation sur l'IDRIS
- développer un système de visualisation interactive et rapide des énormes masses de données que fournit le moindre calcul 3D instationnaire pour préparer

l'utilisation future du grand dispositif immersif du laboratoire qui devrait être de nature à révolutionner l'interprétation des résultats des simulations.

## Cellule Expérimentale

*V. Bourdin, V. Gautier, Y. Maire*

La cellule expérimentale regroupe les personnels techniques permettant de mener une activité de recherche expérimentale en énergétique et en mécanique des fluides. Elle a en particulier la charge de conception des montages, en étroite liaison avec les chercheurs à l'origine de la problématique scientifique, ainsi que leur réalisation et leur montage proprement dits. Depuis 2006, cette cellule a connu beaucoup de mouvements de personnels qui ont été préjudiciables à son fonctionnement qui peine à atteindre son régime de croisière, les formations et prises en main des postes étant toujours à recommencer. Cette situation semble aujourd'hui temporairement stabilisée, avec l'affectation de deux techniciens : le recrutement en 2008 de V. Gautier, technicien d'instrumentation recruté sur poste UPMC et affecté de manière prioritaire au suivi des TP fluides et thermiques de PVI, le reste de sa disponibilité étant affecté à la recherche ; l'arrivée en 2008 de Y. Maire, technicien électronicien de l'Université Paris-Sud, affecté par l'U-PSud au LIMSI, en remplacement de J.-P. Dri, parti à la retraite en 2004. Cette cellule, sous la responsabilité d'un IR, est notoirement sous-critique au niveau AI-IE pour assurer toutes les études de conception, ainsi que l'encadrement nécessaire pour assurer l'activité et la formation des techniciens. Nous espérons la renforcer par le recrutement d'un AI CNRS, sur concours externe ouvert en 2010, correspondant au remplacement de D. Bisch partie à la retraite en 2008. Malgré ce sous-effectif la cellule a conduit plusieurs réalisations lourdes, dont le déménagement et l'amélioration des moyens d'essais en aérodynamique instationnaire, le développement d'une interface spécialisée pour le déclenchement des lasers et caméras pour la PIV, ainsi que l'amélioration des systèmes de sécurité et de la suspension de l'équipement expérimental pour la mesure des effets de streaming en thermoacoustique. La cellule expérimentale a, en de multiples occasions, apporté son aide à la réalisation de systèmes pour l'expérimentation en sciences cognitives. Toutes ces opérations ont été réalisées grâce à la participation active des équipes de recherche.

## Effectifs

Les effectifs du département sont relativement équilibrés entre chercheurs CNRS et enseignants-chercheurs, en terme de disponibilité recherche. Les 10 chercheurs CNRS relèvent majoritairement de la section 10 du comité national (3 DR et 6 CR), à l'exception d'une chargée de recherche en section 9. Les enseignants-chercheurs du département relèvent majoritairement des deux universités UPMC (9 dont 1 Pr et 8 McF) et Paris-Sud 11 (7 dont 3 Pr et 4 McF), les enseignants-chercheurs d'autres établissements (CNAM, ENSAM) étant accueillis à titre individuel. Après une phase de croissance notable au cours de la décennie précédente, le potentiel enseignants-chercheurs est maintenant stabilisé, la filière Mécanique-Physique de l'université Paris-Sud 11 n'étant plus appelée à voir ses effectifs croître de manière importante et la situation de restructuration de la mécanique de l'UPMC ne devant plus conduire à favoriser les recrutements dans les laboratoires situés hors campus Jussieu. Mentionnons les derniers recrutements à l'UPMC : D. Baltean-Carlès recrutée comme maître de conférences en 2002 pour venir renforcer l'activité expérimentale en thermoacoustique ; A. Sergent recrutée en 2003 pour prendre en charge le développement de la Simulation

des Grandes Echelles en convection, et récemment, en septembre 2007, S. Kouidri recruté en tant que professeur suite au départ à la retraite de M.X. François, maintenant professeur émérite. Du côté de Paris-Sud 11, la période écoulée a vu de nombreux mouvements : le recrutement de L. Pastur en 2004 qui est venu renforcer l'équipe expérimentale en mécanique des fluides ; le départ de G. Kasperski au FAST en 2006, ainsi que le départ de S. Xin au 31/8/2006, suite à sa nomination en tant que professeur au CETHIL. L'année 2007 a vu la promotion de C. Nore en tant que professeur, en anticipation du départ de G. Labrosse, actuellement en surnombre. Après avoir notablement diminué en 2006-2007, le nombre des enseignants-chercheurs de la filière de Mécanique-Physique de l'université Paris-Sud 11 effectuant leur recherche au LIMSI, est actuellement de 7, suite au recrutement dans le groupe CORO de Chi-Tuong Pham en 2008 et celui très récent de Wietze Herreman en 2010, qui va également rejoindre le groupe CORO. Mentionnons également la passage à l'éméritat d'O. Daube suite à son départ à retraite en août 2007.

En ce qui concerne les chercheurs, le potentiel chercheur a été en forte diminution avec le départ en 2006 de L. Tuckerman vers PMMH et, en 2007, les départs à la retraite de P. Lallemand et T. Phuoc Loc. Ces trois départs de DR ont été compensés par les derniers recrutements : celui de D. Juric, recruté CR1 en 2005 pour renforcer le thème modélisation et simulation des écoulements diphasiques, en particulier dans sa déclinaison changement de phase ; celui d'O. Le Maître, recruté en tant que CR1 sur le concours 2007, ce qui pérennise ainsi sa présence au laboratoire dont il nous faisait déjà profiter en tant que maître de conférences de l'Université d'Évry, à travers sa collaboration avec L. Mathelin sur la prise en compte des incertitudes dans les équations aux dérivées partielles modélisant les écoulements et les transferts et le développement des algorithmes de contrôle robuste en environnement incertain. Mentionnons enfin le recrutement récent dans le groupe CORO de Yohann Duguet, qui va apporter ses compétences en dynamique non-linéaire et en transition vers la turbulence, ainsi que l'arrivée de François Feuillebois dans le groupe TSF, qui a souhaité nous rejoindre au 1/1/2010 pour poursuivre ses travaux sur les écoulements diphasiques.

En matière de recrutement, la difficulté la plus importante du département concerne le recrutement des doctorants, difficulté due à plusieurs raisons de nature structurelle et conjoncturelle. La mécanique et l'énergétique souffrent tout particulièrement de la désaffection des jeunes pour les carrières scientifiques. L'affaiblissement global du nombre d'étudiants en sciences nous frappe d'autant plus durement que nous ne jouons pas un rôle de leader dans les différentes Ecoles doctorales (SMAE de l'UPMC, Physique Macroscopique et ED X) dont nous sommes laboratoire d'accueil. Si nous avons apprécié le soutien de l'école doctorale de physique macroscopique dont nous étions laboratoire d'accueil depuis près de 10 ans, la situation était devenue compliquée depuis sa fusion dans l'ED Mécanique et Physique Quantique avec un centre de gravité à Paris-VII. Nous nous réjouissons donc de la création soutenue par l'U-PSud de l'ED MIPEGE, qui nous semble de nature à assurer l'ancrage à Paris-Sud des recherches que nous portons.

## Personnels rattachés au département Mécanique Énergétique

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Jalel	Chergui	ITA	IR	CNRS
Tuan	Dang Anh	ITA	IE	CNRS
Yann	Fraigneau	ITA	IR	CNRS
Vincent	Gauthier	IATOS	T	UPMC
Yves	Maire	IATOS	T	U-PSud 11
Valérie	Ronflé	ITA	AJT	CNRS

## Insertion locale, nationale et relations internationales

Le Département participe de manière très active à l'animation des communautés nationales de Mécanique des Fluides, de Thermique et de Génie des Procédés, au travers de participations à divers actions structurantes, réseaux, groupements de recherche, Programme-Pluri-Formations ou programmes interdisciplinaires du CNRS ou du ministère.

Nous participons notamment aux GdR contrôle des décollements, Turbulence, Dynamo, DYCOEC, AMETH au sein desquels nous entretenons des collaborations actives. Mentionnons la création récente du GdR Thermoacoustique, porté par le LMFA, création que nous avons largement suscitée, dans le but de donner une visibilité nationale à cette thématique et d'en coordonner les recherches. L'activité de recherche en thermoacoustique a également reçu un soutien de l'UPMC sous forme d'un BQR.

Nous avons continué à animer la communauté MFN, notamment à travers l'Ecole de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique que nous organisons tous les deux ans depuis 1993. La dernière édition, la

11<sup>ème</sup>, s'est tenue à Oléron en juin 2009. Nous avons également pris l'initiative d'une autre école thématique, Optimisation et Contrôle des Ecoulements et des Transferts, dont l'objectif est de donner aux chercheurs les bases méthodologiques en mathématiques appliquées et en automatique permettant de systématiser l'utilisation des méthodes d'optimisation et de contrôle. La deuxième édition de cette école s'est tenue en février 2009. Nous venons également d'organiser la première école de thermoacoustique, qui s'est tenue à Roscoff en juin 2010, école soutenue par le GdR de thermoacoustique

La journée Dynamique des Fluides sur le plateau, qui n'avait plus été organisée depuis le départ de L. Tuckerman, vient de renaître, organisée par F. Lusseyran et M. Pons. Elle donne l'occasion aux chercheurs du département de rencontrer et d'échanger avec ceux du FAST, du LadHyx et du CEA.

Sur le plan des transferts, nous sommes impliqués dans la fédération TMC (Transferts de Masse et de Chaleur), qui réunit les composantes transferts d'EM2C, du FAST, du LETEM et du LMEE d'Evry. Cette fédération formalise une tradition de collaboration entre ces différentes unités, qui avait commencé par la participation à un Programme-Pluri-Formation du quadriennal 2001-2005 de l'UMPC sur les instabilités thermoconvectives et s'est poursuivie par la participation au projet COCORACOPHA de l'ACI Energie, en passant par l'organisation conjointe des journées SFT 2004 à Giens. Cette fédération vise à affirmer l'existence d'une communauté transferts importante en région francilienne sud-est et à la mobiliser autour d'axes porteurs, en relation avec les finalités applicatives potentielles. Son animation se concrétise par une organisation en axes thématiques avec une animation scientifique propre, la coordination d'ensemble étant assurée par des journées annuelles et un comité de pilotage.

Sur le plan des relations internationales, tous les groupes entretiennent de nombreuses collaborations, qui font l'objet de présentations détaillées correspondantes. Certaines bénéficient de soutiens institutionnels : La collaboration avec L. Oliveira est actuellement soutenue par un PAI du ministère. Par ailleurs, la collaboration de longue date engagée avec T. Kowalewski se poursuit avec le soutien de la DRI du CNRS et intéresse plusieurs thèmes de recherche. Il est également à noter que la collaboration avec le laboratoire de transferts thermiques de l'université de Tunis, soutenue initialement par un PICS est actuellement soutenue par le CMCU. Plus récemment, la collaboration avec l'université d'Oran a reçu le soutien du PAI Tbilissi, et vient de donner lieu à la soutenance d'O. Hireche.

Inversement, D. Sciamarella effectue actuellement une mission au laboratoire de Mécanique des Fluides de la Faculté d'Ingénierie de Buenos-Aires, après y avoir été mise à disposition pendant 3 ans. Sa collaboration avec G. Artana, sur l'étude expérimentale d'écoulements glottiques, initiée dans le cadre du GdRI France-Cone Sud, vient d'être inscrite dans le laboratoire international associé qui vient d'être créé, concrétisant des échanges de longue date entre plusieurs laboratoires français (FAST, PMMH, LEA et LIMSI) et deux groupes de la faculté d'ingénierie de l'Université de Buenos-Aires.



PHILIPPE TARROUX

## Introduction

Conçu à ses débuts comme un outil de traitement de données numériques, l'ordinateur est désormais devenu instrument de traitement de l'information au sens large. Le développement de l'Internet et le rapprochement des technologies de l'informatique et des télécommunications, ainsi que la disponibilité croissante de données numériques peu structurées et hétérogènes ont conduit à l'émergence de nouvelles problématiques et de nouveaux enjeux. Les travaux autour de la recherche d'information et de la communication multimédia (texte, voix, geste, image) contribuent à la mise en place de nouveaux usages, s'appuyant sur des formes de communication plus naturelles.

A l'utilisation d'interfaces spécialisées pour accéder aux données, se substituent des outils d'interaction et de dialogue qui devraient faire évoluer la machine de l'état de simple prothèse vers celui d'assistant intelligent. Aux architectures statiques des premiers âges de l'informatique se substitue l'ère des réseaux reconfigurables et des assistants personnels gérant aussi bien la connaissance que les communications. La multiplicité des interfaces (virtuelles, haptiques) et des capteurs (de sons et d'images, voire d'odeurs), la puissance, la souplesse et la discrétion des dispositifs actuels permettent d'envisager des usages nouveaux (handicap, informatique diffuse...), à impact fort sur la société de demain, concernant aussi bien la croissance des secteurs économiques, la gestion de crises que la sécurité et les services aux citoyens à travers les différents âges de leur vie.

La puissance croissante des machines a ouvert la voie à la simulation et la modélisation de phénomènes autrefois hors de portée : dynamique des fluides, traitements en temps réel des processus complexes de perception et d'analyse de scènes visuelles ou auditives, génération réaliste d'images 3D et visualisation de données massives en réalité virtuelle. La numérisation progressive, notamment au travers de l'Internet, de l'ensemble des connaissances humaines fait apparaître de nouveaux défis concernant l'accès à ces grandes masses d'information qui, pour être disponible pour le plus grand nombre, doit s'opérer de façon naturelle. Accompagner cette mutation de la machine vers ce statut d'agent intelligent suppose le développement de méthodes qui mêlent traitement numérique de l'information et capacités cognitives. Celles-ci nécessitent aussi bien la mise au point de nouveaux outils statistiques d'analyse des données et du signal, d'apprentissage et de décision, que de nouveaux modèles de calculs adaptés à la complexité des tâches à résoudre et la prise en compte des aptitudes et des besoins humains.

De telles recherches s'appuient sur de grandes masses de données multimédia qui, pour devenir accessibles au monde extérieur, doivent être organisées, classées, annotées et enrichies suivant des représentations de connaissance appropriées. L'évaluation de ces représentations permet d'améliorer la manière dont nous modélisons les modalités de communication humaine. Ce paradigme expérimental conduit à enrichir progressivement les modèles cognitifs, sémantico-pragmatiques et linguistiques, fondements à la fois du traitement de l'information contenue dans les masses de données et de la communication via des interfaces multimodales.

La prise en compte du sens, la mise en œuvre d'aptitudes cognitives, la considération des usages de la machine conduisent à recourir à d'autres champs disciplinaires - psychologie et ergonomie cognitive ou sociologie - fournissant leurs éclairages sur le fonctionnement des systèmes cognitifs ou les mécanismes des interactions humaines. Cette pluridisciplinarité doit cependant éviter l'écueil de l'amalgame. Pour être crédible elle doit s'appuyer sur des compétences disciplinaires fortes et une reconnaissance par les disciplines concernées de la qualité des recherches menées et de la pertinence des questions abordées. La présence au sein du laboratoire d'experts reconnus dans leur domaine de compétences est un élément essentiel du développement de nos possibilités de collaboration vers ces disciplines.

Dans les deux dernières années, l'organisation du département Communication Homme-Machines a été profondément remaniée. Les lignes directrices de ce remaniement sont une volonté de simplification qui a conduit à la suppression des actions thématiques par intégration de leur activité dans des groupes de recherches (action **Geste**) ou abandon de ces thématiques (action **Bioinformatique** et **Sémantique et Mémoire épisodique**), la transformation de l'action transversale **Venise** en un groupe de recherche, l'individualisation des recherches concernant respectivement l'interaction audio (groupe **Audio Acoustique**) et la cognition (groupe **Cognition, Perception et Usages**) et la restructuration des thèmes du groupe

**Architecture et Modèles pour l'Interaction.** Le regroupement des activités autour de plateformes (Halle de réalité virtuelle, « smart room », têtes parlantes) a grandement favorisé la structuration de recherches pluridisciplinaires qui avaient une tendance naturelle à la dispersion. Le département se présente désormais selon six groupes structurés autour de trois axes de recherche concernant le traitement des langues, l'interaction homme-machine et la réalité virtuelle et augmentée.

## Les axes de recherche du département

### Traitement des langues

Le traitement automatique des langues est un axe directeur majeur du département aussi bien dans leur expression écrite ou gestuelle (groupe **Information, Langue Ecrite et Signée**) qu'orale (groupe **Traitement du Langage Parlé**). Par ailleurs le groupe **Information, Langue Ecrite et Signée** s'est constitué par intégration au sein de l'ancien groupe **Langues, Information, représentation** de la thématique liée à la langue des signes (ex action **Geste**). Ce rapprochement a déjà des effets notables en particulier concernant la recherche proprement linguistique en langue des signes.

L'évolution des activités concernant la langue est marquée par l'augmentation considérable des masses de données disponibles (textes et données audio-visuelles). Cette quantité massive de données facilite le développement de techniques statistiques mais impose de nouvelles méthodes d'analyse et de fouille de données. L'importance toujours croissante de l'internet fournit également de nouveaux champs d'investigation concernant la recherche d'information et les méthodes d'interrogation.

En face de ces nouveaux besoins, le développement de méthodes d'analyse et de gestion de la connaissance et d'outils formels de raisonnement est plus que jamais d'actualité. La construction de bases de connaissances prenant en compte des données sémantiques et pragmatiques est une approche centrale dans le traitement des données textuelles.

L'activité en traitement des langues se structure désormais en grande partie au travers du projet Quaero qui a donné lieu à la création de l'UMI IMMI et d'un LEA avec nos partenaires allemands. La chaire Digiteo obtenue pour Herman Ney vient conforter ce dispositif. Cette structuration a conduit à un rapprochement de certaines activités des deux groupes participants à cet axe (**Information, Langue Ecrite et Signée et Traitement du Langage Parlé**).

L'analyse de la langue écrite se développe selon quatre thèmes concernant la compréhension et la production de textes, l'évaluation de traitements automatiques robustes de la langue, la classification et la structuration de corpus linguistiques et la modélisation et le traitement automatique de la Langue des Signes Française.

La recherche concernant la constitution, la structuration et la classification de corpus est essentielle pour mettre en place une évaluation des performances des chaînes de traitement qui conduise à une amélioration des logiciels. C'est en particulier la raison pour laquelle nous maintenons notre soutien à l'action transversale **COPTÉ**.

La compréhension de textes est envisagée sous les angles Extraction d'information, Question-réponse en domaine ouvert ou de spécialité (en particulier les textes médicaux) et analyse de texte et acquisition de connaissances.

Les questions de l'évaluation des traitements de la langue écrite sont envisagées de façon spécifique. Cette activité vise à développer des outils nouveaux autour de deux questions fondamentales en traitement automatique des langues : l'évaluation de la syntaxe et l'évaluation des systèmes de recherche d'information précise.

L'objectif est ici de fournir des outils pour faciliter l'accès à l'information dans les textes en relation avec, par exemple, le profil des utilisateurs. Compte tenu de l'accumulation de données induite par le développement actuel du web et des bases de données, l'analyse de l'indexation et de la structuration de documents textuels est en effet essentielle. Des approches statistiques de type fouille de données, et symboliques s'appuyant sur l'annotation à partir d'ontologies sont étudiées. Cette activité de recherche se concentre sur le développement de systèmes de Question-Réponse incluant des systèmes d'aide à la formulation des questions et permettant à terme d'instaurer un véritable dialogue homme-machine dans un cadre multilingue.

Le groupe **ILES** développe par ailleurs une recherche concernant la langue des signes traitant particulièrement de la structure syntaxico-sémantique de cette langue, étape préalable au développement de techniques d'analyse automatique. Ici encore, la génération de corpus suffisants est une nécessité. Le groupe de chercheurs concerné travaille activement à la génération de tels corpus qui doivent également

permettre une indexation manuelle. Sur le plan de la production, le groupe a développé une activité autour de la plateforme Octopus permettant la création et la manipulation d'avatars signants.

Les recherches sur l'oral (groupe **Traitement du Langage Parlé**) portent sur la modélisation et le traitement automatique de la parole, avec comme applications phares le développement de systèmes d'indexation par le contenu de documents audio (transcription de la parole, caractérisation des locuteurs, des émotions, des langues et accents, traduction de la parole) et d'interfaces conversationnelles (compréhension de la parole spontanée, stratégie de dialogue et gestion d'interactions, génération de la parole). Les travaux sur l'oral sont menés dans un contexte multilingue et conduisent au développement de méthodes génériques pour le traitement de la parole mais également à des modélisations spécifiques à chaque langue considérée. Un effort particulier est porté sur la prise en compte de caractéristiques paralinguistiques pour l'identification des émotions, de la langue, voire même de l'accent du locuteur. La reconnaissance du locuteur et de son état émotionnel est une question importante non seulement en ce qui concerne les questions de sécurité, mais également du point de vue de l'indexation de documents.

Au travers du projet Quaero, ces recherches sont en expansion au laboratoire. Nous pouvons noter en particulier les travaux concernant la transcription d'émissions multilingues et le suivi de thèmes qui se situent au premier plan international. Les recherches sur la traduction automatique se développent en s'appuyant largement sur le savoir-faire acquis ces dernières décennies en matière de traitement automatique de la parole et d'apprentissage statistique, de manipulation de grandes masses de données langagières. Le recrutement en 2007 d'un professeur sur la thématique traduction automatique a permis l'essor de cette thématique au LIMSI.

Un objectif majeur des recherches récentes sur le dialogue oral homme-machine consiste à passer de cadres applicatifs spécifiques (e.g. réservation d'hôtels) à un domaine ouvert, rejoignant ainsi des problématiques abordées en recherche d'information. La modalité orale implique alors de repenser en profondeur de nombreux niveaux de modélisation de la langue, de la compréhension et de l'interaction en tenant compte des aspects dynamiques et contextuels cruciaux pour un dialogue constructif.

De nombreuses recherches s'inscrivent dans un cadre d'apprentissage et d'optimisation statistiques et ont recours à de grands corpus annotés. La mise au point et l'évaluation de conventions d'annotations font partie des activités poussant en avant à la fois les performances des systèmes et nos connaissances des divers domaines considérés. D'importants efforts sont en cours en particulier pour les émotions et le dialogue. La disponibilité de grandes quantités de données langagières et d'instruments permettant de les explorer (système de transcription et d'alignement automatique), a conduit à un nouveau paradigme, la linguistique de corpus oraux, rendant possible un large éventail de recherches interdisciplinaires ST2I-SHS, en particulier en ce qui concerne les niveaux phonétique, phonologique et prosodique.

Une dimension importante de la communication parlée est l'expression vocale, au-delà du contenu linguistique (c'est-à-dire "la musique" de la parole au-delà "des mots"). Afin d'aller plus loin dans la compréhension des mécanismes de production de la voix, la modélisation des paramètres du conduit vocal et de la dynamique des écoulements caractéristiques de la production de parole est étudiée en collaboration avec le département Mécanique (groupes **Audio Acoustique** et **Aérodynamique Instationnaire**). Ces recherches constituent l'un des axes de collaboration entre les deux départements dont nous avons accru la visibilité par la constitution du groupe **Audio Acoustique**.

L'étude de la parole expressive est abordée sur plusieurs fronts au laboratoire (groupes **Audio Acoustique**, **Traitement du Langage Parlé**, **Architectures et Modèles pour l'Interaction**). L'expression, les attitudes, les émotions, sont étudiées dans le cadre de la prosodie au sens large en incluant la qualité vocale et la modélisation de la source vocale. Notons en particulier de nouvelles approches dans la représentation du signal de source vocale, l'analyse de corpus audio-visuels de parole émotionnelle, et l'étude des attitudes dans un contexte multilingue.

On notera le développement de travaux concernant l'interaction émotionnelle qui se concrétise dans la participation du LIMSI à plusieurs projets robotiques visant à développer des modes d'interaction plus affectifs avec la machine (Affective avatars, intelligence émotionnelle). A cette fin le laboratoire a acquis deux robots NAO.

## Interfaces, interaction et systèmes cognitifs

Trois groupes de recherche sont principalement impliqués dans ce thème : **Audio Acoustique**, **Architecture et Modèles pour l'Interaction** et **Cognition, Perception et Usages**. Ils traitent respectivement des aspects audio de l'interaction, des interfaces et des moyens de communication avec la machine, des aspects cognitifs et ergonomiques fondamentaux de l'interaction et de leurs modèles.

Le premier élément du développement d'une interaction avec la machine est l'analyse des moyens de cette interaction en entrée et en sortie et particulièrement de ses aspects multimodaux. C'est le sujet principal de l'activité du groupe **Architectures et Modèles pour l'Interaction**.

En sortie, la visualisation d'information est limitée par les performances des périphériques de sortie. Il est donc nécessaire de repenser la visualisation pour l'adapter aux masses de documents à visualiser. Une façon d'aborder ce problème est de considérer les possibilités de l'interactivité qui permettent à tout moment de ne visualiser que l'information pertinente et de naviguer dans un espace structuré par les données. Nos travaux dans ce domaine portent sur la visualisation de textes et de structures homogènes de type hiérarchies ou tables.

En entrée, la mise en œuvre d'agents logiciels assistants permet d'améliorer les conditions d'utilisation de la machine. Cette activité s'est progressivement structurée autour de la plateforme « Tête parlante » et de la thématique des agents conversationnels animés. Elle s'élargit actuellement à l'étude des modes de communication émotionnelle entre humain et avatars ou robots dans un contexte alliant informatique et psychologie cognitive. Ainsi, nous encourageons le développement d'une activité de recherche autour des avatars privilégiant le dialogue, la synthèse de parole, la synthèse du geste en relation avec la langue des signes, et la réalité virtuelle (groupes **Architectures et Modèles pour l'Interaction**, **Audio Acoustique**, **ILES** (Langue des Signes), **VENISE**).

Un environnement ambiant mis en place récemment au laboratoire (Projet IRoom) permet de fédérer de nombreux savoir-faire autour de l'interaction avec un système diffus. Cette salle (bureau interactif du futur) favorise les collaborations sur des problématiques concernant la multimodalité, la perception, l'interaction homme-robot et les aspects cognitifs de l'intelligence ambiante. Elle a permis la mise en place d'activités conjointes entre plusieurs groupes du laboratoire.

Afin par exemple de permettre le développement d'interfaces intuitives en rendant la machine sensible à son environnement, nous conduisons une recherche sur les processus perceptifs. En relation avec le déploiement de systèmes d'intelligence diffuse, le développement d'outils de perception artificielle est en effet incontournable. Une réflexion sur la nature même des processus perceptifs, naturels ou artificiels, est conduite dans le groupe **Cognition, Perception et Usages**. Au-delà du traitement du signal, le contexte et la situation doivent être pris en compte. L'ensemble du processus cognitif faisant intervenir les interactions globales entre le sujet et son environnement, dans l'espace et dans le temps, doit être considéré.

Ces recherches s'intéressent aux mécanismes de la perception active et aux relations perception-action du point de vue des systèmes naturels mais aussi des entités artificielles. Ce dernier volet s'inscrit dans le développement de formes d'interactions entre l'homme et la machine considérée comme un système autonome éventuellement doté d'outils d'interaction robotisés.

Le département (groupes **Architectures et Modèles pour l'Interaction** et **Audio Acoustique**) participe au développement d'« interfaces expressives », des interfaces multimodales temps-réel couplées à des algorithmes d'analyse, d'apprentissage, de synthèse ou de modification des signaux d'entrée-sortie. Ces "instruments" permettent de contrôler en temps-réel des flux audio et visuels, offrant à la fois des contrôleurs pour la production artistique et de nouveaux paradigmes pour l'expérimentation dans le domaine du geste et de l'expression. Les compétences du laboratoire en termes d'infographie, d'acoustique, de développement d'interfaces multimodales et expressives, de réalité virtuelle et augmentée nous permettent d'aborder les problématiques scientifiques sous-jacentes à l'usage de ces technologies dans le domaine des arts numériques.

## Réalité Virtuelle et Augmentée

Un événement majeur pour le laboratoire a été l'inauguration au printemps 2010 de la halle de réalité virtuelle destinée à abriter les recherches dans ce domaine. Ce dispositif, attendu depuis plusieurs années, va permettre de nouvelles recherches et rend concret l'investissement du laboratoire dans cet axe de recherche. Le soutien de Digiteo au projet SimCod est un autre élément important pour le développement de la réalité virtuelle et augmentée à Orsay. Il doit permettre de se focaliser sur les problématiques du travail collaboratif immersif et sera couplé à terme avec des équipements extérieurs, en particulier ceux du CEA LIST.

La Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A) se développe au LIMSI, selon deux axes de recherche qui concernent d'une part les modèles pour l'interaction immersive et leur évaluation et d'autre part les modèles de données. Le groupe de recherche **VENISE**, issu de l'action transversale de même nom a ainsi recentré son activité sur ces deux problématiques. En revanche, parce qu'elles nécessitent des compétences dans d'autres champs disciplinaires ou que la réalité virtuelle n'est pas l'élément central de ces recherches,

d'autres travaux en relation avec la réalité virtuelle trouvent leur place dans d'autres groupes du laboratoire (interaction haptique dans le groupe **AMI**, audio 3D dans le groupe **AA**, aspects cognitifs et ergonomiques dans le groupe **CPU** ainsi que dans le département Mécanique-Energétique pour l'exploration des données provenant des simulations intensives en mécanique des fluides). Ces activités donnent lieu à de fortes collaborations avec le groupe **VENISE** autour du grand dispositif immersif et de dispositifs annexes.

Selon le premier axe, l'un des thèmes majeurs des recherches menées est la mise en oeuvre de solutions multimodales pour rendre plus « naturelles » les interactions immersives. Ces travaux allient des problématiques d'architecture logicielle des systèmes de RV&A, de supervision des combinaisons de modalités en situation immersive et de traitement des modalités, tant en entrée : capture de mouvement, reconnaissance du geste et de la parole, qu'en retours sensori-moteurs : stéréoscopie visuelle, rendu haptique et son 3D.

Pour ce qui concerne les données, la simulation en temps réel de phénomènes physiques complexes (la turbulence en mécanique des fluides) ou la visualisation de données massives (en biologie moléculaire) ouvre des champs d'expérimentation nouveaux. La représentation de phénomènes physiques hors du champ de l'expérience ordinaire (phénomènes relativistes) ou la manipulation d'objets en CAO génèrent de nouvelles problématiques scientifiques.

Par ailleurs, l'activité de recherche en réalité virtuelle audio constitue l'une des originalités du projet de réalité virtuelle du laboratoire. Cette activité porte sur la synthèse de son spatialisé, l'acoustique des salles, l'application de traitements temps réel pour l'expérimentation en psychologie cognitive ou dans le domaine musical. Les aspects spatiaux du son sont naturellement liés aux aspects visuels et au suivi de mouvement dans l'espace.

A la suite de son implication dans le réseau européen Intuition, le LIMSI prend désormais une part active dans l'association Euro-VR qui regroupe l'essentiel des acteurs de la réalité virtuelle européenne.

## Actions transversales

L'action « **COPTÉ** » fait le lien entre les activités concernant l'écrit et l'oral. Elle a pour vocation de soutenir les efforts du laboratoire dans le cadre des campagnes d'évaluation du programme TechnoLangue et par ailleurs de travailler à l'élaboration de ressources linguistiques annotées à partir de corpus de parole. Cette activité est essentielle pour assurer les progrès des méthodes de traitement automatique de la langue développées au laboratoire.

## Personnels rattachés au département Communication Homme-Machine

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Jean-Baptiste	Berthelin	Ch	CR1	CNRS
Sébastien	Hamon	ITA	AI	CNRS
Laurence	Rostaing	ITA	AJT	CNRS
Gérard	Sabah	Ch	DR1	CNRS

## Perspectives

Le département continuera à se structurer autour des trois axes majeurs que constituent le traitement de la langue, l'interaction et la réalité virtuelle et augmentée.

La langue en situation, incluant ses modalités orale, écrite et signée, est un phénomène complexe, pour lequel les défis à relever restent nombreux et se situent à la fois au niveau des connaissances, des modèles et des ressources ainsi que des algorithmes à concevoir. Parmi les défis majeurs, ceux qui vont mobiliser particulièrement nos efforts concernent l'adaptation aux contextes (usages, environnements, multilinguisme) et plus spécifiquement au locuteur (état émotionnel, timbre de la voix), ainsi que la prise en compte de l'incertitude qu'elle soit due aux connaissances mises en jeu ou liée à l'ambiguïté des énoncés. L'activité de traduction automatique qui a bénéficié en 2007 du recrutement d'un professeur, se développe dans ce contexte.

Ces recherches contribueront au développement d'usages émergents dans la société des connaissances : réponses aux questions, interrogation multilingue du web et traduction, indexation et recherche d'informations. Des contributions sont également attendues dans les domaines de l'intelligence ambiante (plateforme IRoom) et de la sécurité. Les résultats de ces recherches formeront un socle pour les activités autour des interfaces à composante langagière.

La place de l'indexation et de la recherche de documents multimédia devient prépondérante. Le LIMSI est fortement impliqué dans le projet franco-allemand d'indexation et de recherche documentaire *Quaero* dont il est le coordonnateur scientifique. Afin de soutenir cette activité de recherche en relation étroite avec nos partenaires allemands, le CNRS a créé une Unité Mixte Internationale permettant l'attribution de moyens importants et la gestion de projets de recherche coordonnée. La construction d'un bâtiment de 3000 m<sup>2</sup> sur le site du laboratoire fournira les capacités d'accueil nécessaires aux équipements et aux personnels du projet. Une structure de Laboratoires Européens Associés (LEA) permet d'ores et déjà d'associer les différents partenaires du projet (CNRS, Universités de Karlsruhe et d'Aix la Chapelle, Université Paris Sud 11).

Le LIMSI a fait le choix depuis 1992 d'héberger une activité de recherche en Psychologie Cognitive considérant que de nombreuses activités de recherche du laboratoire pouvaient bénéficier de l'apport de la psychologie cognitive. C'est par exemple le cas de la représentation de l'espace et des processus cognitifs mis en œuvre dans la production de descriptions spatiales. Ces projets se continuent dans le cadre de l'étude de l'évolution de ses représentations au cours de la vie (projet ANR SpaLife) et de guidage auditif pour non voyants (Projet ANR Navig). Afin de conforter cette activité et de lui donner toute la visibilité nécessaire, nous avons décidé de l'ancrer au sein du groupe de recherche **Cognition, Perception et Usages**, créé début 2009, conforté par le recrutement d'un professeur en ergonomie cognitive et d'une chargée de recherche en psychologie spécialiste des problématiques multimodales et des questions de substitution sensorielle et d'appropriation de l'espace.

La réalité virtuelle est un domaine en expansion au laboratoire. Le recrutement d'un Ingénieur de Recherche puis d'un Maître de Conférences ont renforcé le potentiel de l'équipe. Cette politique de recrutement devra être poursuivie pour accompagner la montée en puissance des dispositifs expérimentaux. Le renforcement du potentiel de recherche, en particulier en moyens humains, est ici vital. Le grand équipement immersif accroît les possibilités du laboratoire dans ce domaine et sa visibilité mais également la charge en personnels nécessaire à son développement. La distinction entre l'activité de recherche du groupe VENISE, recentrée sur les fondements algorithmiques de l'interaction immersive ou augmentée et la plateforme de Réalité Virtuelle du laboratoire représentée par le grand équipement immersif et ses équipements annexes clarifie de ce point de vue les objectifs.

Toutefois, l'importance des moyens mis en œuvre pour doter le laboratoire d'une plate-forme technologique de pointe en réalité virtuelle ne doit pas occulter les autres activités majeures du laboratoire. Nous veillerons à ce que toutes les composantes du laboratoire continuent à bénéficier des moyens nécessaires à leur développement.

Du point de vue de l'organisation matérielle, la recherche d'une cohérence globale dans le respect de la libre réflexion scientifique est un travail constant dans un laboratoire pluridisciplinaire. C'est en particulier le rôle dévolu aux plateformes dont le déploiement sera encouragé. Cette évolution s'inscrit d'ailleurs dans une tendance globale à agréger la recherche autour d'équipements d'excellence et à ce titre le laboratoire participe à l'élaboration de tels projets en informatique ambiante, interaction homme-machine ou robotique.

Les groupes du département sont fortement impliqués dans les projets nationaux soutenus par l'Agence Nationale de la Recherche. Il est important de veiller à ce que ceux-ci ne conduisent pas à un émiettement des thématiques et s'inscrivent dans le cadre de la politique scientifique globale du laboratoire. Le LIMSI s'est par ailleurs activement impliqué dans la structuration de l'espace de recherche européen par sa participation à plusieurs réseaux d'excellence et projets intégrés du 6<sup>ème</sup> PCRDT et du 7<sup>ème</sup> PCRDT. Comme nous l'avons déjà souligné, le LIMSI a joué un rôle moteur dans le réseau d'excellence Intuition. Il a participé à des réseaux concernant le développement d'interfaces multimodales offrant des supports discrets aux interactions humaines, dotées de capacités de perception contextuelles et d'analyse des situations (SIMILAR, CHIL), et de prise en compte des états émotionnels (HUMAINE). Le laboratoire continuera à soutenir un effort dans cette direction.

Enfin, la structuration des recherches dans le domaine des STIC en Île de France Sud se poursuit dans le cadre du RTRA **Digiteo**. Son impact sur la recherche du laboratoire est sensible au travers de l'attribution de plusieurs allocations doctorales et de soutiens à de nombreux projets (iRoom, SimCod, Amadeo, Auto-Eval, Roboteo-HA, WILD) développés en collaboration avec des partenaires Digiteo (Supélec, IEF, CEA-LIST, LRI) ou extérieurs (ENSEA, Cergy Pontoise) ainsi que de l'attribution des chaires d'Herman Ney (traitement de la parole) et de Tobias Isenberg (RV&A, collaboration équipe AVIS INRIA Saclay).

## Présentation des groupes de recherche



CHRISTIAN TENAUD

## Introduction

La maîtrise des phénomènes instationnaires présents dans les écoulements de fluide, reste un défi majeur pour ce qui concerne la conception et l'optimisation du fonctionnement des machines et des systèmes. Le groupe « **Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle** » mène des recherches qui visent à une meilleure prédiction pour une compréhension accrue et un contrôle plus efficace des écoulements de fluide dans lesquels la convection est dominante, le régime instationnaire voire pleinement turbulent. Le contexte applicatif visé concerne plus spécifiquement les domaines des transports terrestres, de l'aéronautique et de l'espace, de l'énergie, des biotechnologies et de l'environnement.

Créé au début de l'année 2004, le groupe « **Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle** » émane du groupe « Dynamique des Fluides et Turbulence ». Sa stratégie s'inscrit dans une triple démarche, selon le triptyque modélisation / simulation numérique / expérimentation, pour atteindre deux principaux objectifs. Le premier, à long terme, a pour but l'analyse, la compréhension et le contrôle des phénomènes élémentaires rencontrés en mécanique des fluides. Les résultats de cette recherche de base contribuent à l'amélioration des connaissances et doivent servir de support à la levée des verrous technologiques identifiés. Le second objectif, à caractère plus appliqué, s'appuie sur les connaissances acquises en méthodologies expérimentales et numériques pour modéliser et simuler des problèmes réels, proches des préoccupations industrielles. Il participe à une recherche à plus courte échéance, qui a pour but de répondre aux besoins du monde économique.

Pour satisfaire ce double objectif, le groupe mène simultanément :

- des analyses théoriques sur des formulations mathématiques et des modélisations adaptées à la résolution numérique des problèmes étudiés ;
- des développements d'ordre méthodologique aux niveaux expérimental et numérique pour l'identification, la caractérisation et le contrôle des structures cohérentes présentes dans les écoulements turbulents ;
- des validations des méthodes numériques et des modélisations pour la prédiction, l'analyse et le contrôle des écoulements.

Le groupe est, de ce fait, structuré autour de trois thèmes :

**Outils numériques performants** : ce thème est d'ordre méthodologique. L'objectif principal est d'accroître les capacités de simulation, *i.e.* de fournir des méthodes de simulation numérique plus précises, plus fiables, plus performantes (rapidité accrue, espace mémoire mieux géré), capables de reproduire plus fidèlement les phénomènes physiques, de mieux traiter les complexités qu'elles viennent de la géométrie ou de la nature multi-physique des écoulements. L'intégration des équations aux dérivées partielles du mouvement, le développement de schéma de haute précision et la modélisation en Simulation des Grandes Échelles (LES), le traitement des conditions aux limites instationnaires, la quantification et la propagation d'incertitudes constituent les principaux aspects abordés dans ce thème.

**Écoulements instationnaires** : ce thème s'intéresse à la physique des écoulements instationnaires. Il a pour objectif principal d'appréhender les phénomènes de base dans certains écoulements à travers la caractérisation des structures cohérentes pour une bonne compréhension et une analyse pertinente de la dynamique de l'écoulement. Ceci est obtenu grâce à l'application de simulations numériques performantes ou au moyen de méthodes expérimentales innovantes. Les problèmes liés aux instationnarités en écoulements décollés, à la mesure instationnaire et à la caractérisation des structures cohérentes, à la production vocale et à la caractérisation du couplage entre structures turbulentes et champ de pression instationnaire sont particulièrement étudiés dans ce thème.

**Manipulation et contrôle des écoulements** : ce thème, à caractère applicatif mais avec un très fort contenu méthodologique, a pour objectif d'étudier les techniques de manipulation et de contrôle dans le but d'améliorer les écoulements en terme de gain d'énergie (réduction de traînée, amélioration du mélange, du transfert thermique pariétal...). La réduction de la dynamique, la prédiction par intégration de systèmes dynamiques modèles pour tendre vers la prédiction temps réel, l'estimation et la manipulation de l'écoulement dans la zone de paroi, la synthèse de lois de commande et le développement de stratégies de contrôle en boucle fermée font partie des principaux aspects abordés.

Le groupe rassemble, par conséquent, des compétences en modélisation, en simulation numérique, en mathématiques appliquées, en expérimentation et en contrôle. Sa cohérence scientifique est assurée par des interactions fortes entre la modélisation théorique, la simulation numérique et l'expérimentation. Nos recherches sont relativement fondamentales mais sous-tendues par des préoccupations applicatives via des activités contractuelles et une réelle volonté de valorisation. Dans ce cadre, les efforts de recherche déployés sur le développement de schémas de haute résolution et de modélisations de sous-maille performantes ont permis de définir une plateforme, nommé CHORUS (Compressible High-ORDER Unsteady Simulation), de simulation des écoulements instationnaires compressibles qui a fait l'objet d'une déclaration d'invention (référéncée DI 3055-01), pour être proposée à la communauté.

La majeure partie des travaux du groupe sont réalisés en collaboration avec des laboratoires CNRS et/ou universitaires français (PPRIMME Poitiers, EM2C/ECP Châtenay-Malabry, CERMICS/ENPC Marne-La-Vallée, SATIE ENS Cachan, PMMH/ESPCI Paris, LTPM Grenoble, SINUMEF-ENSAM Paris, GIPSA-lab Grenoble ...) ou étrangers (Texas A&M University, College Station, USA ; Johns Hopkins University, Baltimore, USA ; Universidad de Buenos Aires, Argentine ; Grupo de Mecânica dos Fluidos, Université de Coimbra, Portugal ; Polish Academy of Sciences, Warszawa), des organismes publics (CEA, ONERA), du milieu industriel (PSA, RENAULT, Dantec Dynamics) et soutenus par plusieurs contrats de recherche. Le groupe participe activement à l'animation scientifique du Laboratoire International Associé (LIA) « Physique et Mécanique des Fluides » franco-argentin dans la thématique relative à l'analyse, à la modélisation et au contrôle des écoulements instationnaires.

## Présentation de la recherche

### Thème Outils numériques performants

*V. Daru, Y. Fraigneau, O. Le Maître, L. Mathelin, C. Tenaud, S. Bensmina, L. Monasse, J. Pebel, A. Perrera, A. Tassi, J. Tryoen*

Le groupe a engagé, depuis plusieurs années, d'importantes réflexions sur l'accroissement des capacités prédictives des simulations numériques en termes de précision, fiabilité, performances, traitement des complexités aussi bien géométriques que du caractère multi-physique des écoulements. Ces dernières années, nos efforts ont plus particulièrement été portés dans deux directions :

- la propagation et la quantification d'incertitudes paramétriques dans les modèles numériques en mécanique des fluides à travers des approches probabilistes;
- le développement de méthodes précises pour la simulation d'écoulements compressibles, en prenant en compte la complexité de la géométrie et les interactions fluide-structure par méthode de frontière immergée.

### Méthodes numériques pour la propagation des incertitudes dans les écoulements

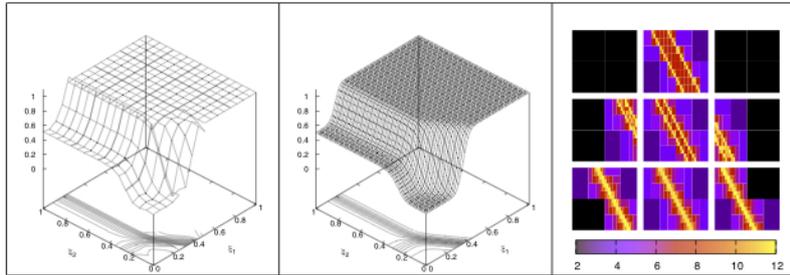
*O. Le Maître, L. Mathelin, J. Pebel, A. Perrera, A. Tassi, J. Tryoen*

Cette activité vise au développement de méthodes numériques pour la quantification et la propagation d'incertitudes paramétriques dans les modèles numériques, plus particulièrement en mécanique des fluides (équations de Navier-Stokes, lois de conservation, écoulements en milieux poreux). Nous travaillons sur des approches probabilistes où les paramètres incertains du modèle sont considérés aléatoires. Des méthodes de projection de Galerkin sur des bases de fonctionnelles orthogonales (non corrélées) en les paramètres incertains sont utilisées pour rechercher la loi de probabilité de la solution du modèle. Pour plus d'information sur les projets en cours dans le cadre de cette activité, on pourra consulter les pages Internet relatives ([http://www.limsi.fr/Individu/olm/sit\\_aie/aie.html](http://www.limsi.fr/Individu/olm/sit_aie/aie.html)). Ces deux dernières années, les principales avancées ont porté sur:

#### **Systemes hyperboliques incertains**

Les systèmes hyperboliques peuvent développer des chocs et ondes de détente, de telle sorte qu'en présence d'incertitudes affectant la vitesse des singularités la solution stochastique n'est pas continue vis à vis des paramètres aléatoires, et des bases stochastiques appropriées doivent être considérées. Cette difficulté explique le peu de travaux publiés sur ces modèles. Nous avons étudié les propriétés mathématiques des équations résultant de la projection de Galerkin de lois de conservation et avons défini les conditions sous lesquelles le système est hyperbolique. Ces résultats théoriques nous ont conduit à proposer un schéma de type Roe pour le calcul des flux de Galerkin. Le schéma repose sur une détermination approchée des directions de décentrement (upwinding) pour le système de Galerkin. Le schéma a été testé sur des configurations d'écoulement académiques (Burgers, tubes à choc) [Tryoen *et al*, 2010a]. Il ne permet pas d'obtenir des solutions de détente physiquement admissibles au voisinage des

points soniques et un correcteur entropique pour le calcul des flux de Galerkin a donc été proposé [Tryoen *et al*, 2010b]. Pour ce qui concerne les bases stochastiques, un cadre d'analyse multi-résolution a été mis en oeuvre avec des approximations polynomiales par morceaux. Les travaux en cours portent sur l'adaptation des bases stochastiques, avec une résolution fonction de l'espace et du temps [Tryoen *et al*, 2010c]. Ces travaux ont pour cadre la thèse de Julie Tryoen co-encadrée par O. Le Maître et A. Ern (CERMICS, ENPC).



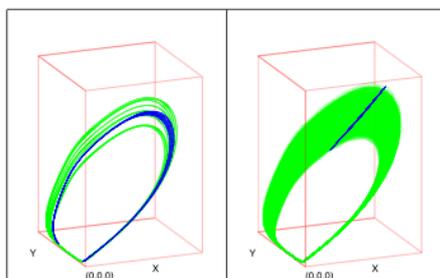
*Illustration 1 - Solution de l'équation de Burgers en un point  $(x,t)$  fixé, en fonction de deux paramètres incertains du modèle: résolution stochastique uniforme à 2 (gauche) et 4 (centre) niveaux. A droite: évolution en temps de l'adaptation stochastique en 3 points du domaine spatial lors de la formation d'un choc. La couleur code le niveau de résolution dans le domaine des deux paramètres incertains.*

### Décompositions spectrales généralisées

Les projections de Galerkin stochastiques reposent sur un choix *a priori* de la base stochastique, suivi de la projection des équations du modèle sur cette base. L'efficacité de la méthode dépend ainsi largement du choix de la base. En collaboration avec A. Nouy (GeM, Ecole Centrale de Nantes), nous travaillons sur des approches alternatives où, tout comme dans l'approche classique, la solution est recherchée sous une forme spectrale (séparée) mais sans fixer *a priori* les fonctionnelles stochastiques. Ces dernières sont déterminées de manière à réduire au mieux le résidu des équations stochastiques pour un nombre de modes donné. Nos travaux ont porté d'une part sur l'extension de ces techniques aux problèmes non linéaires (Burgers, Navier-Stokes, équations elliptiques) [Nouy & Le Maître, 2009] et aux problèmes linéaires d'évolution (convection diffusion) [Mathelin *et al*, 2009]. Nous avons obtenu des gains substantiels en temps de calcul et en mémoire, allant jusqu'à deux ordres de grandeur selon la précision requise.

### Intégration asynchrone pour les systèmes dynamiques incertains

Une limitation des méthodes de décomposition stochastique (par projection de Galerkin ou autre) concerne l'intégration sur des temps longs de systèmes dynamiques dont la vitesse de phase est affectée par les paramètres incertains, intégration qui devient extrêmement coûteuse, voire impossible. Cet effet, qui apparaît dans les systèmes les plus simples (masse-ressort par exemple), est la manifestation de la quantité d'information portée par la représentation stochastique qui contient l'ensemble de la loi de probabilité du processus au cours du temps. En collaboration avec O. Knio (Johns Hopkins University) et M.Y. Hussaini (Florida State University), nous avons proposé de nous affranchir des incertitudes sur la phase du système en définissant une transformation stochastique, locale en temps, conduisant à une intégration de la dynamique dite asynchrone [Le Maître *et al*, 2010]. Cette transformation maintient, pour toute valeur des paramètres et à toute phase, l'état du système dans un voisinage suffisamment réduit de l'espace des états pour permettre une représentation stochastique précise avec peu de modes. Cette transformation est solution d'un problème de contrôle et différentes stratégies de résolution ont été proposées (boucle ouverte et contrôle optimal). Elles ont été testées sur des problèmes académiques dans le cas de systèmes présentant presque sûrement un cycle limite, stable et continu vis à vis des paramètres incertains. La méthode permet effectivement l'intégration sur des temps arbitrairement longs, la caractérisation du cycle limite incertain et, si nécessaire, la reconstruction de la loi de probabilité du processus par post-traitement. Les travaux en cours portent sur l'extension de la méthode pour des systèmes à grande dimension (problème interaction fluide-structure) et présentant des dynamiques plus complexes.



*Illustration 2 - Dispersion de la solution stochastique après vingt périodes (points bleus) sur le cycle limite incertain (courbes vertes), pour les intégrations classique (à gauche) et asynchrone par contrôle optimal (à droite).*

## Simulation d'écoulements compressibles et interaction fluide-structure par méthode de frontière immergée

S. Bensmina, V. Daru, Y. Fraigneau, L. Monasse, C. Tenaud

La simulation d'écoulements autour de corps solides de géométrie non cartésienne, éventuellement en mouvement, nécessite l'utilisation de maillages curvilignes qui s'appuient sur la peau du corps. Cependant, la discrétisation des équations gouvernant l'écoulement en coordonnées curvilignes s'accompagne généralement d'une dégradation de la précision des approximations, d'autant plus que le maillage est distordu. Les méthodes de type ALE permettent de traiter le cas de solides mobiles en utilisant un maillage déformable. Néanmoins ces méthodes sont difficiles à mettre en œuvre et coûteuses lorsque les déplacements sont grands et la géométrie complexe, du fait notamment que des procédures de remaillage complet du domaine fluide doivent périodiquement être réalisées. Il est donc particulièrement intéressant d'envisager de travailler en maillage cartésien quelque soit la géométrie du domaine d'écoulement. Dans ce cas, la surface des corps solides n'est plus alignée avec le maillage, et il faut imposer des conditions afin que le corps soit effectivement « vu » par l'écoulement. Les techniques de « frontières immergées », développées originellement dans le contexte des écoulements incompressibles, semblent bien adaptées pour traiter ce type de problèmes, mais ont été peu étudiées dans le cas compressible. Notre objectif dans ces travaux, qui font l'objet de deux thèses en cours, est ainsi de développer et de mettre en œuvre des méthodes de ce type pour des applications en aérodynamique compressible.

La thèse de Samia Bensmina, encadrée par C. Tenaud, concerne plus spécialement l'étude de conditions précises adaptées à la simulation des écoulements visqueux autour de corps à dynamique imposée. Plusieurs cas tests de validation ont été traités : le cas non-visqueux 1D du piston mobile en maillage fixe dans un tube fermé de fluide initialement au repos et des cas d'écoulements bidimensionnels, avec et sans onde de choc, autour d'un cylindre de section circulaire. Les validations sont effectuées par comparaison avec la littérature ou avec des résultats obtenus en maillage adapté à la géométrie. Les résultats obtenus pour le problème du piston 1D sont représentés sur la Fig. 1. Dans le cas d'une détente simple, nous avons prouvé le second ordre de précision de la méthode (à gauche). Dans le second cas, une loi de vitesse sinusoïdale est imposée au piston, le nombre de Mach maximum étant supersonique (ici,  $Ma=1,26$ ). La solution, calculée sur un maillage fixe de 1024 points en utilisant la technique de frontière immergée (à droite) est en très bon accord avec une simulation ALE effectuée sur un maillage mobile de 501 points.

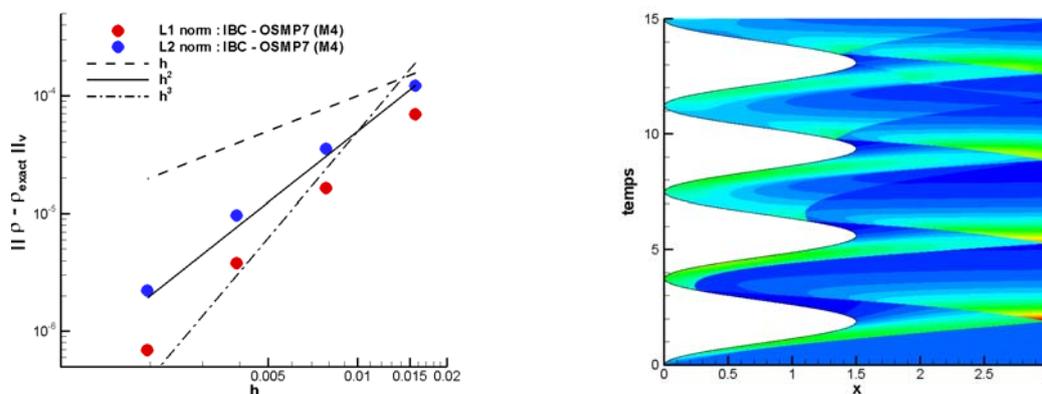


Figure 1 : Ecoulement dans un tube fermé par un piston mobile à son extrémité gauche : étude de convergence dans le cas d'une détente (à gauche) et diagramme  $(x,t)$  de la masse volumique obtenu sur un maillage fixe en utilisant la méthode de frontière immergée (à droite).

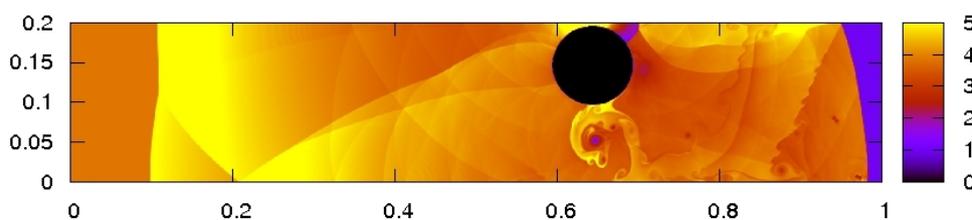


Figure 2 : Interaction fluide-structure entre un écoulement à Mach 3 engendré par une onde de choc incidente et un cylindre mobile indéformable : isocontours de la masse volumique.

La thèse de Laurent Monasse, effectuée en collaboration avec le CEA/DAM et le CERMICS/ENPC et encadrée au LIMSIS par V. Daru, traite de l'interaction fluide-structure par couplage d'une méthode de Frontières Immergées avec une méthode de type Éléments Discrets pour la structure. L'étude est menée

pour un fluide parfait. Les propriétés recherchées dans ce couplage sont d'assurer la conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie du système. Il a été montré que le schéma de couplage conserve exactement le mouvement de translation uniforme d'un solide dans un fluide animé du même mouvement, ainsi que l'écoulement uniforme d'un fluide le long d'une paroi plane. Des cas 1D d'interaction entre un solide déformable environné d'un fluide soumis à une différence de pression ont été validés avec succès par comparaison avec des simulations ALE. En 2D, nous avons simulé l'interaction d'un cylindre indéformable avec un écoulement à Mach 3 (Figure 2). Les résultats obtenus montrent un bon accord avec les résultats existants dans la littérature. L'étape suivante est l'extension et la validation de la méthode en 2D dans le cas des solides déformables.

## Thème Écoulements instationnaires

*F. Lusseyran, V. Daru, T. Faure, Y. Fraigneau, L. Pastur, S. Pellerin, B. Podvin, D. Sciamarella, C. Tenaud, J. Basley, P. Debesse, J. Pinto, T. Rouillon, F. Silva*

Appréhender de façon pertinente les phénomènes instationnaires en écoulement reste encore un des enjeux majeurs de la Mécanique des Fluides. Dans ce thème, le groupe contribue à approfondir la connaissance de ces phénomènes en écoulements incompressibles et compressibles. Une des originalités de notre travail repose sur une confrontation étroite entre expériences et calcul, en essayant de définir des configurations d'écoulement aussi voisines que possibles. Nous disposons de méthodes originales, tant en simulation numérique, capables de traiter des écoulements cisailés à des nombres de Reynolds relativement élevés, que pour l'estimation des trois composantes du champ de vitesse par PIV stéréoscopique grâce à un algorithme de flot optique.

### Caractérisation de la topologie de l'écoulement en cavité ouverte et réduction de la dynamique

*J. Basley, P. Debesse, T. Faure, Y. Fraigneau, F. Lusseyran, L. Pastur*

La poursuite de nos travaux, sur l'interaction d'une couche limite avec une encoche de proportion variable a été effectuée principalement dans trois directions. Ces travaux répondent notamment aux engagements pris dans le cadre des ANR HiSpeed et DIB. De plus, certains des résultats constituent le départ de notre participation à l'ANR CORMORED (cf. le Thème : Manipulation et contrôle des écoulements). Ces trois directions de recherches sont :

- la décomposition modale de l'écoulement intra et extra cavitaire : La structure modale des champs de vitesses, expérimentaux (PIV et TR-PIV) et numériques, est déterminée par différentes méthodes tels que la POD, modes de Fourier globaux (Figure 1-a), modes de Koopman. Ces 3 décompositions ont pour caractéristiques communes d'intégrer la saturation des termes non-linéaires, inévitable dans le cas d'un écoulement en conditions établies.

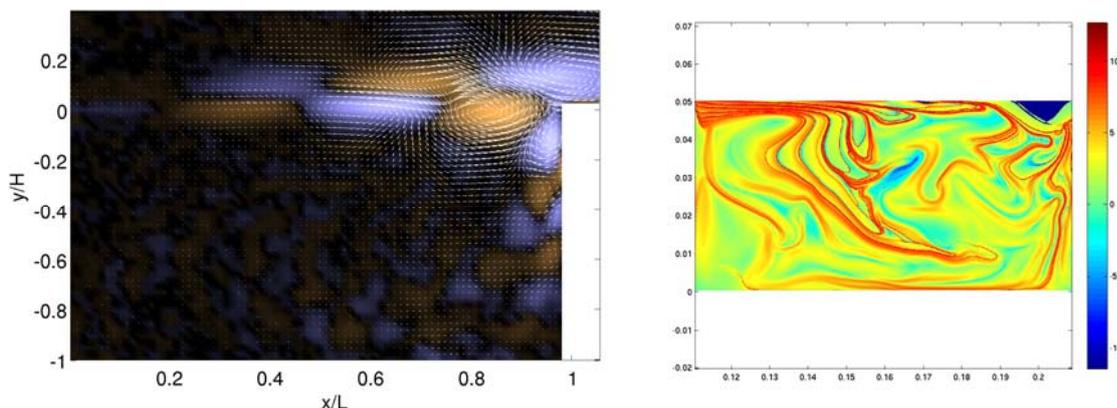


Figure 1 : Mode de Fourier Global pour la fréquence du fondamental  $f=19.7\text{Hz}$ , pour une cavité  $L/H=2$  et  $S/H=6$  et une vitesse extérieure  $U=1.90\text{m/s}$  (a) ; FTLE pour un horizon temporel de calcul de 15 pas de temps, d'une coupe du champ de vitesse DNS, pour une cavité  $L/H=2$  et une vitesse extérieure  $U=1.2\text{m/s}$ (b)

- L'identification et le suivi lagrangien et eulérien des structures et leur impact sur la pression pariétale : le suivi des structures cohérentes dans un écoulement doit permettre de réduire l'information nécessaire à la source principale des instationnarités que l'on souhaite contrôler. Les approches eulériennes classiques conduisent à des critères de détection basés sur les facteurs  $Q$ ,  $\Gamma$ , etc.. Les structures cohérentes lagrangiennes définies comme les lignes de crête du champ

d'exposants de Lyapunov aux temps finis (FTLE), (Figure 1-b) sont des frontières matérielles si l'horizon temporel est grand (flux de masse normal à la frontière est nul).

- la caractérisation des instabilités centrifuges intra cavitaires : au sein du champ de vitesse dans la cavité se développent aussi des structures tourbillonnaires transversales. Les gammes de vitesses sont deux ordres de grandeurs au-dessous de la vitesse extérieure. La signature de ces structures dans les spectres est très faible. Elles sont obtenues numériquement et sur les champs de vitesse 3 composantes réalisés par PIV stéréoscopique. Malgré la faible énergie associée, ces structures jouent un rôle important dans le mélange du fluide et probablement dans les couplages non-linéaire entre modes fréquentiels.

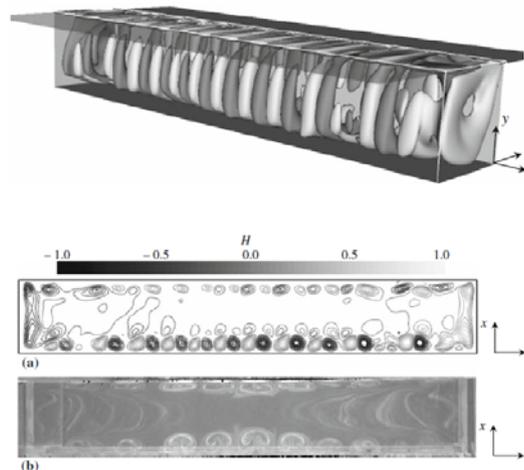


Figure 2 : Développement d'instabilités centrifuges transverses ; comparaison calcul expérience pour  $L/H=1$   $S/H=6$  et  $Re_H=4230$ .

## L'écoulement laryngé et la production vocale

*D. Sciamarella, F. Silva*

Les applications à la biomécanique se poursuivent par l'analyse de la production vocale à travers l'étude de l'écoulement laryngé. La physique des modèles de production vocale dépend d'une manière critique de la connaissance de l'écoulement traversant le larynx. Cet écoulement se développe dans un canal à double fente et possède des caractéristiques quasi-2D pendant un transitoire assimilable au début de la phonation. Notre travail possède une phase numérique développée au LIMSI et une phase expérimentale poursuivie au LFD, deux des laboratoires partenaires dans le cadre du LIA PMF. Des visualisations que nous avons obtenues par la technique optique Schlieren confirment les prédictions de nos calculs numériques dans cette double condition spatio-temporelle. Pour aborder la dynamique de l'écoulement laryngé au delà de ce transitoire, on étudie deux configurations à l'aide des maquettes et des vannes que nous avons fabriquées. On considère ainsi le canal à double fente avec un jet pulsé par une vanne à des fréquences compatibles avec la voix humaine, et l'écoulement pulsé par l'auto-oscillation d'une maquette des cordes vocales en latex rempli d'eau à pression réglable. L'interaction fluide-structure-acoustique est étudiée avec des mesures synchronisées de StéréoPIV, par une caméra ultra-rapide, avec un microphone de mesure. Le montage et les premières mesures dans ces deux configurations ont fait l'objet de la thèse de maîtrise de Florian Krebs, co-encadrée par le LIMSI et le LFD et terminée en 2010. Un deuxième co-encadrement commence avec l'attribution de la Bourse Bernardo Houssay au jeune Dr. Fabrice Silva. Ces études expérimentales se complètent avec des expériences numériques 2D avec des parois mobiles simulées par la méthode de frontières immergées en incompressible. Des simulations numériques 3D pour les cas les plus simples sont entreprises pour expliquer les phénomènes intrinsèquement tridimensionnels relevés expérimentalement.

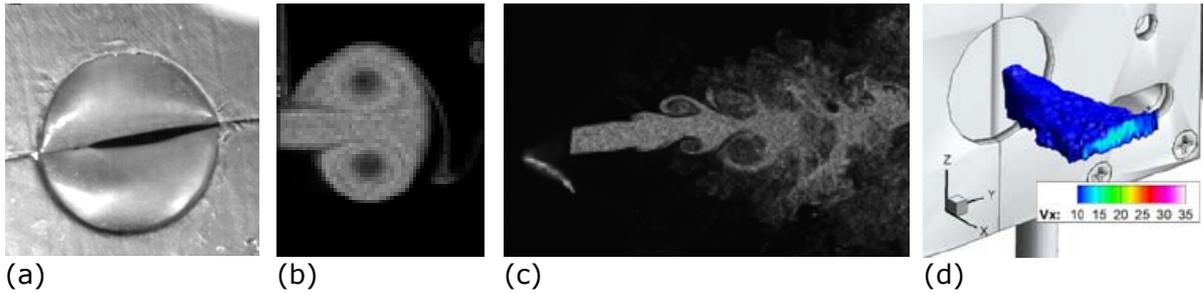


Figure 3 - (a) Les oscillations irrégulières observées dans la vanne auto-oscillante représentant les cordes vocales, (b-c) structures visualisées avec le système StéréoPIV pour la première et la deuxième configuration, (d) mesures StéréoPIV des phénomènes 3D à la sortie de la vanne auto-oscillante.

### Étude des écoulements massivement décollés

V. Daru, Y. Fraigneau, S. Pellerin, J. Pinto, T. Rouillon, C. Tenaud

Cette étude concerne la simulation numérique de l'écoulement turbulent autour d'une plaque plane épaisse qui est prise comme modèle académique pour l'étude des caractéristiques principales des écoulements turbulents massivement décollés qui se rencontrent autour des véhicules (voiture, train ou avion). Un des points durs scientifiques est la prédiction correcte du couplage entre les structures turbulentes et le champ de pression instationnaire. La résolution de ce problème est essentielle si on souhaite comprendre la génération du bruit d'origine aéroacoustique autour d'un véhicule et principalement la génération des fluctuations de pression en paroi afin de pouvoir estimer la transmission du bruit au sein de l'habitacle, dont les fréquences dominantes coïncident en partie avec celles de la parole. Cette compréhension est alors essentielle pour le développement de dispositif de réduction de bruit, par exemple. Ainsi, une approche compressible, associée à un schéma numérique très précis est nécessaire pour étudier des tels phénomènes qui couplent l'aérodynamique et l'acoustique. L'objectif final de ce travail est de fournir des simulations *LES* de référence, en complément des résultats expérimentaux, pour servir de bases de données afin de développer des méthodologies d'analyse des phénomènes de couplage entre vorticités et bruit. La configuration de l'écoulement retenu est similaire à celle étudiée expérimentalement au Pôle Pprime. Un exemple de résultats de simulation est donné sur la figure 3. Ils sont obtenus en utilisant une approche *LES*, par décomposition de domaine à travers une parallélisation sous *MPI* avec une très bonne « scalabilité ». Ces résultats *LES* (Fig. 4) se comparent très favorablement avec les données expérimentales provenant du Pôle Pprime (UPR 3346) et de la littérature.

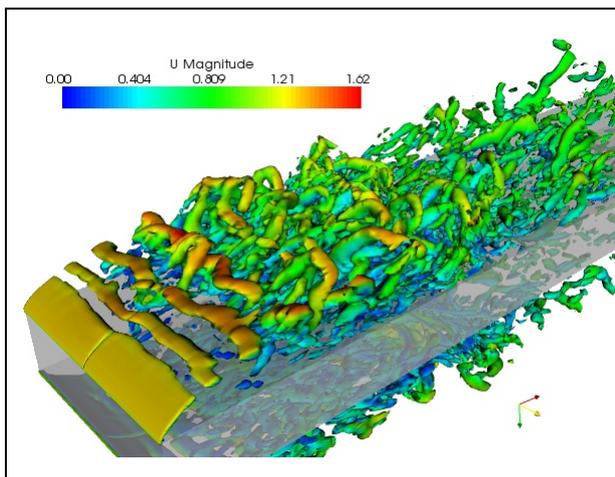


Figure 4— iso-surface du critère  $Q$  ( $Q=3$ ) coloré par la norme de vitesse au niveau de la zone de recirculation mettant en évidence le développement des structures tourbillonnaires de grande taille au sein de la couche de cisaillement.

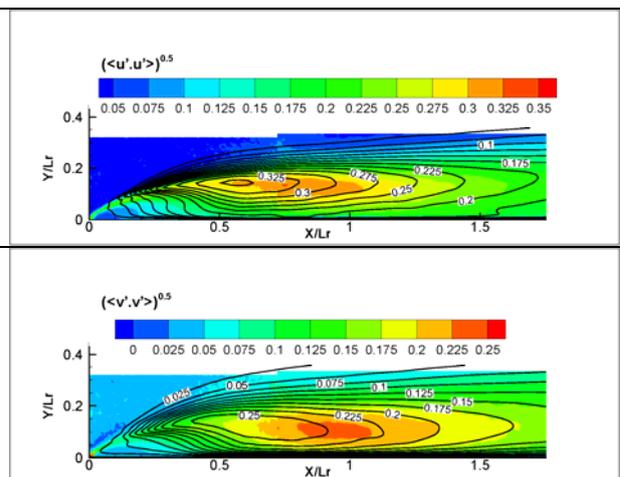


Figure 5 – Comparaison des résultats *LES* (iso-lignes) avec les expériences de l'Institut Pprime, Poitiers (contours colorés) : composantes longitudinale (en haut) et verticale (en bas) du tenseur de Reynolds.

## Thème Manipulation et contrôle des écoulements

*B. Podvin, L. Mathelin, T. Faure, Y. Fraigneau, O. Le Maître, F. Lusseyran, L. Pastur, S. Pellerin, C. Tenaud, J. Basley, T. Rouillon*

Grâce à la miniaturisation des technologies de commande, le contrôle des écoulements en régime turbulent devient accessible et possède de nombreuses retombées applicatives. Le but recherché dans le contrôle est, bien entendu, l'amélioration des écoulements en terme de gain d'énergie (réduction de traînée, augmentation de la portance, amélioration du mélange ou des transferts, ...). Depuis quelques années, nous avons souhaité porter un effort de recherche important pour mettre en œuvre et fournir les outils nécessaires au contrôle opéré par voie numérique. Dans cette présentation, nous mettons plus particulièrement l'accent sur les études déjà entreprises ces dernières années, concernant la mise en œuvre de la manipulation et du contrôle des écoulements qui s'organisent autour de deux axes :

Une première direction d'investigation est l'estimation de l'écoulement dans la zone de paroi d'un écoulement turbulent, qui a été menée conjointement dans le cadre du projet européen WALLTURB (2005-2009) et dans l'ANR non-thématique CALINS (2004-2008). Comprendre, prédire et manipuler la zone de paroi représente un enjeu important pour les applications aérodynamiques, car c'est là où prennent place les mécanismes fondamentaux de génération de turbulence. Simuler à moindre coût la zone de paroi est un objectif important pour les industriels, car ces mécanismes mettent en jeu une grande disparité d'échelles, qui nécessitent une résolution extrêmement élevée, qui augmente en  $Re^{1.8}$ . Nous suivons ici une double approche, qui s'appuie sur la Décomposition Orthogonale aux valeurs Propres (POD) et qui reflète la complexité de la turbulence de paroi. D'une part nous avons construit un modèle dynamique autonome pour la zone de paroi et comparé ses prédictions à la simulation numérique. D'autre part, nous avons mis en œuvre un estimateur pour l'écoulement dans la zone de paroi qui utilise l'information de la zone externe.

Le second axe de développement est plus directement centré sur la synthèse de lois de commande: à la suite de travaux précédents qui ont essentiellement portés sur le contrôle en boucle ouverte, les développements se concentrent maintenant sur des stratégies de contrôle en boucle fermée. Par rapport au contrôle en boucle ouverte, ces stratégies présentent la difficulté majeure du temps réel puisque l'action de contrôle est alors déterminée au cours du temps en fonction des mesures effectuées par les capteurs. Néanmoins, des gains de robustesse, et donc d'applicabilité à des configurations réelles, importants sont attendus par rapport à un contrôle boucle ouverte. Dans la pratique, cette robustesse conduit presque toujours à une amélioration significative des performances du contrôleur.

### Modèles réduits pour la zone de paroi

*Y. Fraigneau, B. Podvin, C. Tenaud*

L'idée est d'effectuer une projection de Galerkin des équations de Navier-Stokes sur la base de la POD, et d'utiliser une modélisation appropriée pour assurer la fermeture des équations. Pour des troncatures relativement faibles, il n'existe pas de garantie que le modèle converge vers l'écoulement réel, et la validation du modèle doit être assurée par confrontation avec un écoulement expérimental ou simulé numériquement. Aubry et al. [Aubry et al. (1987)] ont montré qu'une troncature POD très réduite permettait de capturer des éléments essentiels de la dynamique turbulente, mais l'accord observé reste qualitatif. Notre travail a consisté à obtenir un accord quantitatif, en considérant une troncature plus importante (110 modes complexes) et en comparant la prédiction du modèle obtenu avec les observations faites dans une simulation numérique correspondante. Etant donné la nature apparemment chaotique des équations, une comparaison directe des trajectoires n'est pas possible et la validation est essentiellement statistique. Nous avons montré qu'il existait un bon accord entre les niveaux d'énergie, les fréquences caractéristiques et la vitesse de convection des modes POD dans le modèle et la simulation [Podvin (2009)].

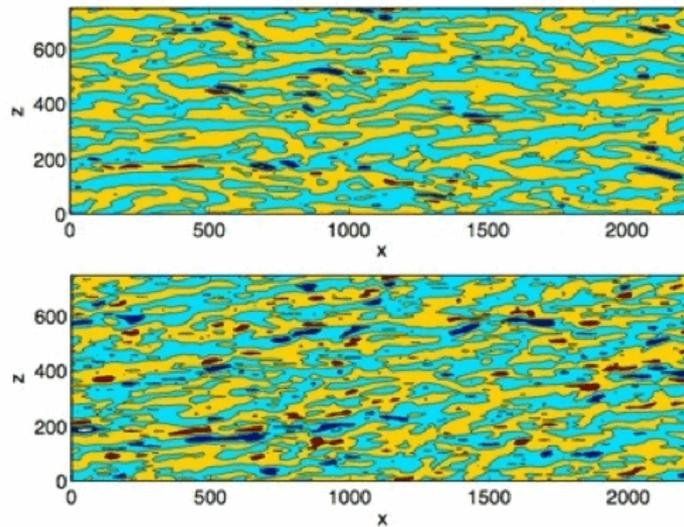


Illustration 1 – Isocontours de la vitesse normale à la paroi sur un plan parallèle à la paroi.  
*haut: champ réel ; bas: champ reconstruit.*

### Reconstruction de la zone de paroi

*Y. Fraigneau, B. Podvin*

La relation de dépendance existant entre la zone de paroi et la zone externe, cruciale pour la compréhension et la simulation de l'écoulement, n'est pas complètement élucidée. Nous nous sommes intéressés à la manière dont l'écoulement à une certaine distance de la paroi perçoit les mouvements de la proche paroi, et en particulier s'il est possible d'inférer le comportement de l'écoulement dans la zone de paroi à partir d'observations faites au-dessus de la zone de paroi. Nous avons supposé que les statistiques du second ordre (donc les fonctions empiriques POD) étaient connues pour tout l'écoulement, et nous avons cherché à reproduire l'écoulement instantané dans la zone de paroi en connaissant l'écoulement au-dessus de cette zone. Nous avons identifié une gamme de longueurs d'onde spatiales pour laquelle les structures les plus énergétiques sont confinées dans la zone de paroi, et ne peuvent donc être déterminées en dehors de la zone. La taille transverse maximale de ces structures est de l'ordre de la hauteur de la zone de paroi. Ces résultats ont été résumés dans un article [Podvin et al. (2010)].

### Approximation d'un contrôle optimal en boucle fermée

*L. Mathelin, O. Le Maître, L. Pastur*

Partant du constat que peu de calculs peuvent être effectués dans une approche temps réel, l'idée suivie est d'approcher une loi de contrôle pré-calculée par des fonctions dont l'évaluation est rapide. Le système physique est réduit à un système dynamique de quelques dizaines de degrés de liberté et la loi de contrôle optimale est déterminée sur un horizon de temps donné pour une collection d'états du système, correspondants à une collection de points dans l'espace des phases. Une approximation du champ de lois ainsi défini est réalisée. Une simple approximation polynomiale d'ordre 5 a été utilisée mais d'autres choix sont bien sûr possibles. Pour un système réduit à 12 dimensions, cela correspond à environ 50000 coefficients à identifier. Cette identification est potentiellement coûteuse mais n'intervient qu'une fois, et avant la mise en place de la boucle de contrôle. Une fois la boucle en place, l'algorithme ne nécessite que l'évaluation numérique de cette approximation à partir de l'information de l'état du système. Cela se réduit à une multiplication matrice-vecteur de quelques dizaines de dimensions dont le coût calcul est quasiment nul. De plus, aucune hypothèse n'est nécessaire sur la linéarité du système physique considéré. Cette stratégie a été implémentée numériquement sur des écoulements 2-D et une implémentation sur la configuration réelle d'écoulement de cavité est prévue. Ces développements bénéficient du soutien financier de l'ANR via le projet CORMORED. Les résultats ont été exposés dans un congrès [Mathelin et al. (2009)] et un article est en cours de soumission [Mathelin et al. (2010a)].

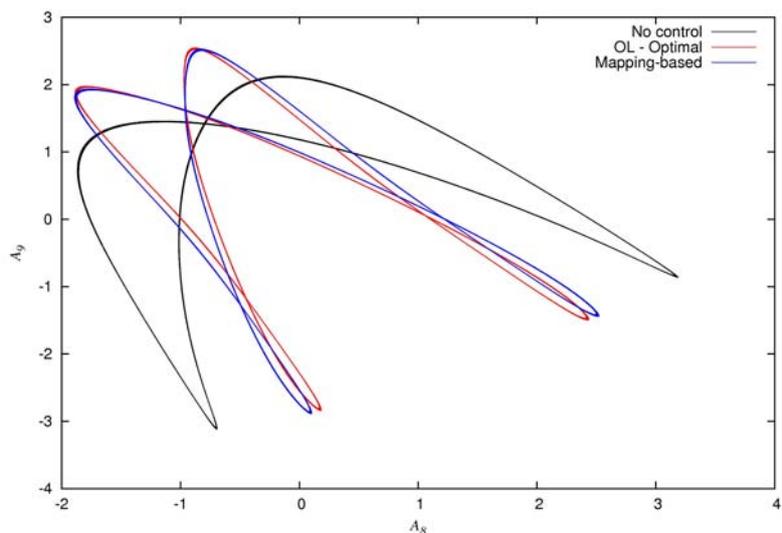


Illustration 2 – Portrait de phase d'un système non-contrôlé (noir) et contrôlé avec contrôle optimal boucle ouverte (rouge) et contrôle optimal approché pour boucle fermée (bleu). L'accord entre le bleu et le rouge est satisfaisant.

## Gain scheduling

L. Mathelin, L. Pastur

Une autre approche a également consisté à combiner contrôle en boucle ouverte et contrôle en boucle fermée. Une action de contrôle est tout d'abord menée en boucle ouverte (contrôle dit optimal) jusqu'à ce que le système soit suffisamment proche de son attracteur. La stratégie suivie alors consiste à déterminer l'action de contrôle en boucle fermée de façon à ce que le système reste sur son attracteur atteint en présence du contrôle optimal. Les déviations du système par rapport au système contrôlé par contrôle optimal ayant pour vocation de rester les plus faibles possibles, une linéarisation locale de la dynamique est justifiée et les puissants outils de contrôle linéaire sont alors utilisés. Dans ce travail, la loi de commande est déterminée à partir de la solution d'une équation de Riccati en formulation robuste ( $H^\infty$ ). Une grande partie des développements a porté sur la détermination du nombre de linéarisations locales à considérer le long de l'attracteur contrôlé et sur les lois d'interpolation de commande des contrôleurs locaux dans l'espace des phases. Ces travaux ont été menés en collaboration avec le laboratoire SATIE de l'ENS Cachan et ont bénéficié du soutien financier du PRES UniverSud. Ils ont donné lieu à 2 présentations en conférences [Abou-Kandil et al. (2009), Abbas-Turki et al. (2010a)] et 1 article [Mathelin et al. (2010b)]. Deux articles sont par ailleurs soumis ou en fin de préparation [Abbas-Turki et al. (2010b), Mathelin et al. (2010c)].

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Virginie	Daru	Ens-Ch	MC	ENSAM	0,5
Thierry	Faure	Ens-Ch	MC HdR	UPMC	1
Olivier	Le Maitre	Ch	CR1 HdR	CNRS	1
François	Lusseyran	Ch	CR1 Th E	CNRS	1
Lionel	Mathelin	Ch	CR2	CNRS	1
Luc	Pastur	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Stéphanie	Pellerin	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Bérengère	Podvin	Ch	CR1 HdR	CNRS	1
Denisse	Sciamarella	Ch	CR2	CNRS	0,5
Christian	Tenaud	Ch	DR2	CNRS	1

## Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Samia	Bensmina	SMAE	UPMC	01/10/2007
Laurent	Monasse	ICMS	Marne la Vallée	01/10/2008
Julie	Tryoen	ICMS	ENPC	01/10/2008
Jérémy	Basley	Physique.	U-PSud	01/10/2008
Thomas	Rouillon	SMAE	UPMC	18/11/2009

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Philippe	Debesse	CDD
Julien	Pebrel	Post-Doc
Alberto	Pereira	CDD
Pablo	Tassi	CDD

## Participation à des instances

### Instances d'évaluation ou d'expertise

- C. Tenaud est membre du Comité National Français de Mécanique, interface entre l'IUTAM et la communauté française des mécaniciens.
- O. Le Maître est membre du comité éditorial de l'International Journal for Uncertainty Quantification.

### Instances d'administration de la recherche

#### Au niveau national

- Nous sommes présents dans diverses Commission Consultative des Spécialistes des Universités : Université Paris-Sud XI ; UPMC UPMC, ENSAM, CNAM, Université de Rouen, Université Paris XII, Université Paris-Est Marne-la-Vallée.
- V. Daru a été membre élue de la section 10 du Comité National (2004-2007) et C. Tenaud est membre élu du Conseil Scientifique de l'Institut INST2I du CNRS.
- C. Tenaud est membre, représentant les laboratoires académiques, du Conseil Scientifique du CNRT « aérodynamique et aéroacoustique des véhicules terrestres » (R2A). Il est également membre du Conseil de l'École Doctorale SMAER de l'UPMC.
- O. Le Maître est directeur adjoint du GNR MoMaS (Modélisations Mathématiques et Simulations numériques liées au problème de stockage des déchets nucléaires).
- O. Le Maître est consultant scientifique au CEA/DEN/DM2S.

## Enseignement et diffusion des connaissances

### Activités ou responsabilités d'enseignement liées à la recherche

- Le groupe comprend 4 Enseignants Chercheurs : V. Daru (MC, ENSAM, Paris), T. Faure (MC, UPMC), L. Pastur (MC, U-PSud) et S. Pellerin (MC, U-PSud).
- Responsable de la plate-forme de Travaux Pratiques de Mécanique des Fluides de l'UPMC (T. Faure)
- Responsable de la licence de Technologie Mécanique, UPMC et ENS Cachan (T. Faure, 2002-2004)
- Les chercheurs participent aux enseignements de différents Master 2 Recherche : Sciences De l'Ingénieur de l'UPMC (B. Podvin), Dynamique des Fluides et des Transferts, co-habilité UPMC et U-PSud (F. Lusseyran), Mécanique énergétique de l'Université de Nancy, Fluides Atmosphères et Plasmas de l'Université d'Orléans (F. Lusseyran), ainsi qu'aux enseignements en Calcul Scientifiques de l'ENPC (O. Le Maître).
- Le groupe accueille régulièrement des stagiaires de Licence et Master des Universités et des Grandes écoles.

## Organisation de colloques

- Ecoles de printemps de Mécanique des Fluides Numérique de 2007 (10ème édition à Roscoff) et 2009 (11ème édition à Oléron) : C. Tenaud est responsable de l'organisation, avec O. Le Maître comme coresponsable.
- Ecole de Printemps "Optimisation et Contrôle des Écoulements et Transferts" en Mars 2008 (2ème édition à Roscoff). L. Mathelin est coresponsable de l'organisation.
- Co-organisation des Rencontres du Non-Linéaire 2007, 2008 et 2009 à l'IHP, Paris (L. Pastur).
- Co-organisation des « journées de Dynamique des Fluides » sur le plateau de Saclay 2009 à Orsay (F. Lusseyran).
- 25ème Journée Thématique de l'AFVL en partenariat avec FLUVISU : « Techniques d'Imagerie à la visualisation 3D d'écoulements », LIMSI, Orsay, 9 avril 2009 : T. Faure est responsable de l'organisation.
- Mini-colloque d'inauguration du Laboratoire International Associé Physique et Mécanique des Fluides (LIA PMF) du 8 au 10 Mars 2010 à Buenos Aires : D. Sciamarella a été responsable de l'organisation.
- Journées MoMaS, 3 jours, Novembre 2009, CIRM Marseille (70 participants): co-organisateur O. Le Maître.

## Participation à des séminaires

- L. Mathelin est coresponsable de l'organisation des séminaires de Mécanique du Plateau d'Orsay.
- Chacun intervient, à titre individuel, dans divers séminaires.

## Actions de vulgarisation

- Nous accueillons régulièrement des groupes de collégiens et de lycéens dans le cadre de journées de sensibilisation aux sciences.
- Articles de vulgarisation scientifique dans le Journal Página/12 :  
<http://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/futuro/13-2272-2010-01-02.html>  
<http://www.pagina12.com.ar/diario/suplementos/futuro/13-2213-2009-09-12.html>

## Collaborations de Recherche

### Au niveau national

Le groupe participe aux travaux de plusieurs GDR et GNR :

- GDRE Mécanique des Fluides Numérique (C. Tenaud),
- GDR 2502 Contrôle des décollements (T. Faure, F. Lusseyran, L. Mathelin, L. Pastur, S. Pellerin, B. Podvin, C. Tenaud),
- GDR 2489 Dynamique et contrôle des ensembles complexes (F. Lusseyran, L. Pastur, D. Sciamarella),
- GNR MoMaS (O. Le Maître, L. Mathelin).

Le groupe est également impliqué dans plusieurs projets ANR regroupant plusieurs laboratoires :

- ANR non-thématique CALINS 2005—2008, coordonnée par le LIMSI (C. Tenaud) : LIMSI (Orsay), LEA (Poitiers), LML (Lille), LEMTA (Nancy).
- ANR non-thématique HiSpeed 2006 : FAST (Orsay), LIMSI (Orsay), ENSTA (Palaiseau), LadHyX (Palaiseau), IAS (Orsay), Institut Jean Le Rond d'Alembert (Paris).
- ANR non-thématique DIB 2007 : Pôle Pprime (Poitiers), LIMSI (Orsay), PSA.
- ANR non-thématique CORMORED 2009 : pôle Pprime (Poitiers), LIMSI (Orsay), SINUMEF-ENSAM (Paris), ONERA (Meudon), IMFT (Toulouse), IMB (Bordeaux).
- ANR Jeunes-Chercheurs ASRMEI, 2008, LIMSI (Orsay), coordonnée par O. Le Maître et L. Mathelin.

Nous entretenons un réseau de collaborations avec divers laboratoires et institutions :

- avec SINUMEF (ENSAM) dans le domaine des méthodes de haute précision pour les fluides compressibles et pour le calcul d'écoulements compressibles instationnaires (V. Daru, C. Tenaud) et dans le cadre du programme ANR non thématique (CORMORED) pour ce qui concerne le Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit (L. Mathelin, F. Lusseyran, L. Pastur) ;
- avec le Pôle Pprime de Poitiers dans le domaine de l'estimation des écoulements de paroi et la génération de conditions instationnaires menés conjointement dans le cadre du STREP WALLTURB et de l'ANR non thématique CALINS (B. Podvin, C. Tenaud, Y. Fraigneau), également dans le cadre du programme ANR non thématique (CORMORED) pour ce qui concerne le Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit (L. Mathelin, F. Lusseyran, L. Pastur) ;
- avec le LML de Lille dans le domaine de l'estimation des écoulements de paroi et la génération de conditions instationnaires menés conjointement dans le cadre du STREP WALLTURB et de l'ANR non thématique CALINS (B. Podvin, C. Tenaud, Y. Fraigneau) ;
- avec IMFT de Toulouse dans le cadre du programme ANR non thématique (CORMORED) pour ce qui concerne le Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit (L. Mathelin, F. Lusseyran, L. Pastur) ;

- avec l'IMB de Bordeaux dans le cadre du programme ANR non thématique (CORMORED) pour ce qui concerne le Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit (L. Mathelin, F. Lusseyran, L. Pastur) ;
- avec l'ONERA DSNA Meudon dans le cadre du programme ANR non thématique (CORMORED) pour ce qui concerne le Contrôle Optimal et Robuste par Modèles d'Ordre Réduit (L. Mathelin, F. Lusseyran, L. Pastur) ;
- avec SATIE ENS Cachan dans le cadre du PRES UniverSud, pour le développement de méthodologies du contrôle en boucle fermée (L. Mathelin, L. Pastur) ;
- avec le CERMICS de l'ENPC dans le domaine de la propagation d'incertitudes (O. Le Maître, L. Mathelin), mais également pour la modélisation des interactions fluide-structure par méthode de frontière immergée (V. Daru et C. Tenaud) ;
- avec la DEN/CEA dans le domaine de la propagation d'incertitudes (O. Le Maître, L. Mathelin) ; avec la DAM/CEA pour la modélisation des interactions fluide-structure par méthode de frontière immergée (V. Daru et C. Tenaud) ;
- avec le Laboratoire PROMES, sur le thème de la modélisation de la turbulence dans les écoulements stratifiés par un très fort gradient thermique (L. Mathelin) ;
- avec le GIPSA-lab de Grenoble sur les développements de la "PIV par flot optique utilisant une programmation dynamique, mais également dans le cadre du projet Franco-allemand POPAART et du projet SticAmSud 07STIC-05 (D. Sciamarella) ;
- avec le LMF de Nantes sur le couplage non zonal RANS/LES dans le cadre du GDRE MFN ;
- avec le CORIA de Rouen dans le cadre de la reconstruction de systèmes dynamiques (F. Lusseyran, L. Pastur) et pour le développement de la PIV Grand Champ.

### Au niveau international

- Le groupe constitue une des composantes du LIA « Physique et Mécanique des Fluides » Franco-Argentin, pour ce qui concerne l'analyse, la modélisation et le contrôle des écoulements instationnaires.
- Le groupe a également été fortement impliqué dans le STREP WALLTURB, projet FP6 CEE, pour ce qui concerne la modélisation et la reconstruction de la turbulence de paroi.
- Le groupe entretient des relations suivies avec des instituts ou des personnalités étrangères : Texas A&M University, Station College, USA ; M. Y. Hussaini et K. Gallivan (School of Computational Science, Florida State University), O. Knio (JHU, Baltimore), H. Najm (Sandia) et Y. Marzouk (MIT) sur la quantification d'incertitudes ; G. Artana, Université de Buenos Aires, Argentine dans le cadre du LIA et du programme SticAmSud ; J. Lucero, Université de Brasilia, Brésil dans le cadre d'un projet SticAmSud ; E. Cataldo, Université Fédéral Fluminense, Niteroi, Brésil et P. Orlandi, Dipartimento di Meccanica e Aeronautica, Università di Roma La Sapienza, Italie, pour la production vocale ; Tomasz Kowalewski, Center of Mechanics and Information Technology, Polish Academy of Sciences, Warszawa dans le cadre d'un projet Franco-Polonais PAN-CNRS ; M. Breuer, Université d'Erlangen, Allemagne dans le cadre du GDRE MFN ; L. Oliveira-Da Silva, Université de Coïmbra, Portugal dans le cadre du Programme Hubert Curien PESSOA et de la thèse de J. Pinto en co-tutelle Université de Coimbra-UMPC ; W.K. Gorge Chalmers University, Suède.
- D. Sciamarella a été mise à disposition au « Laboratorio de Fluidodinámica » de l'Université de Buenos Aires, Argentine. Elle est coordinatrice internationale du projet « Etude et modélisation de la production de la voix » au sein du Programme SticAmSud, ainsi que responsable du Réseau Virtuel Physique et Mécanique des Fluides financé par l'agence du MINCYT, Argentine, et du site web du Laboratoire International Associé Physique et Mécanique des Fluides (<http://laboratorios.fi.uba.ar/lia> et <http://liapmf.limsi.fr>).

## Contrats de recherche et valorisation

### Conventions et contrats de collaboration

- Le groupe a été financé par des contrats ou conventions de recherche pendant la période 2007-2009 : ONERA/DGA; ENPC; CNRT-R2A; STREP-CEE (WALLTURB); ANR, non thématiques (CALINS 2005, HiSpeed 2006, DIB 2007); ANR Jeunes-Chercheurs (ASRMEI, 2008); POPAART (contrat Franco-Allemand).
- Nous travaillons avec PSA dans le cadre d'une thèse CIFRE (T. Rouillon) sur l'étude numérique du contrôle aérodynamique pour réduire la traînée d'un véhicule automobile.

## Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
15/03/2005	20/08/2008	PEA CACV	Autre	Collaboration de recherche	ONERA	Tenaud Christian	Tenaud Christian	67 500
01/04/2005	30/06/2009	WALLTURB	STREP	Contrat avec la commission européenne	UE	Stanislas Michel LML	Podvin Berengere	134 000
05/12/2005	04/06/2009	CALINS	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Tenaud Christian	Tenaud Christian	99 422
08/11/2006	07/05/2010	HiSpeed PIV	Prog non thématique	Prog non thématique	ANR	Moisy Frédéric FAST	Pastur Luc	122 400
01/10/2007	30/09/2009		Projet Emergent	Collaboration de recherche	Digiteo	Martinez Jean-Marc-CEA	Le Maitre Olivier	1 655
01/12/2007	30/11/2011	DIB 2007	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Borée Jacques PPRIME	Lusseyran François	150 000
01/01/2008	31/12/2009	MoMaS-PC	Programme interdisciplinaire PACEN	Programme interdisciplinaire PACEN	CNRS	Le Maitre Olivier	Le Maitre Olivier	31 800
11/02/2008	30/09/2009	PRES-2008	PRES	Collaboration de recherche	UniverSud Paris	Mathelin Lionel	Mathelin Lionel	7 500
01/01/2009	31/12/2011	ASRMEI	JCJC	Collaboration de recherche	ANR	Le Maitre Olivier	Le Maitre Olivier	114 407
01/01/2009	31/12/2012	CORMORED	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Cordier Laurent PPRIME	Mathelin Lionel	127 000
17/02/2010	31/12/2010	CNRS/ASB	Autre	Partenariat	CNRS - Académie des sciences Bulgare	Daru Virginie	Daru Virginie	2 000

## Valorisation et transfert

- Déclaration d'invention (référéncée DI 3055-01) de la plateforme, nommée CHORUS (Compressible High-ORDER Unsteady Simulation), de simulation des écoulements instationnaires compressibles.
- Dépôt d'un dossier de valorisation auprès de la Délégation de la Politique Industrielle du CNRS (dossier d'intervention DV 00527-01) dans le cadre d'une action contractuelle avec la société DANTEC pour de la PIV par flot optique dans le but d'une option sur licence de logiciel N° L08139.

## Production scientifique

### Thèses et HdR

1. Faure, T. (2009). *Méthodes expérimentales instationnaires et leurs applications en mécanique des fluides*. HdR, Université Paris 6/LIMSI
2. Podvin, B. (2009). *Modélisation, estimation et manipulation des structures cohérentes en turbulence de paroi*. HdR, Université Paris 6/LIMSI

### Revue à comité de lecture

1. Chisari, N. E., G. Artana and D. Sciamarella (2009). "Experimental and numerical study of patterns in laryngeal flow." *Journal of Physics Conference Series* doi:10.1088/1742-6596/166/1/012013 **166**: 012013\_1-012013-7.
2. Crestaux, T., O. Le Maitre and J. M. Martinez (2009). "Polynomial chaos expansion for sensitivity analysis." *Reliability Engineering and System Safety* **94**(7): 1161-1172.

3. Daru, V. and C. Tenaud (2009). "Numerical simulation of the viscous shock tube problem by using a high resolution monotonicity-preserving scheme." *Computers and Fluids* **38**(3): 664-676.
4. Duluc, M. C., O. Le Maître, V. Daru and P. Le Quéré (2009). "Numerical study of liquid inclusion oscillations inside a closed 1D microchannel filled with gas." *Microfluidics and Nanofluidics* **6**(2): 163-177.
5. Duluc, M. C., S. Xin, F. Lusseyran and P. Le Quéré (2008). "Numerical and experimental investigation of laminar free convection around a thin wire : long time scalings and assessment of numerical approach." *International Journal of Heat and Fluid Flow* **29**(4): 1125-1138.
6. Faure, T., L. Pastur, F. Lusseyran, Y. Fraigneau and D. Bisch (2009). "Three-dimensional centrifugal instabilities development inside a parallelepipedic open cavity of various shape." *Experiments in Fluids* **47**(3): 395-410.
7. Laje, R., D. Sciamarella, J. Zanella and G. B. Mindlin (2008). "Bilateral source acoustic interaction in a syrinx model of an oscine bird." *Physical Review E* **77**(1): 011912\_1-011912\_9.
8. Le Maître, O. P. (2009). "A Newton method for the resolution of steady stochastic Navier-Stokes equations." *Computers and Fluids* **38**(8): 1566-1579.
9. Le Maître, O. P. and L. Mathelin (2010). "Equation free model reduction for complex dynamical systems." *International Journal for Numerical Methods in Fluids* **63**(2): 163-184.
10. Le Maître O., L. Mathelin, O. Knio and M.Y. Hussaini (2010). "Asynchronous time integration for polynomial chaos expansion of uncertain periodic dynamics." *Discrete and Continuous Dynamical Systems* **28**(1): 199-226.
11. Lorang, L., B. Podvin and P. Le Quéré (2008). "Application of compact neural network for drag reduction in a turbulent channel flow at low Reynolds numbers." *Physics of Fluids* **20**(4): 045104\_1-045104\_13.
12. Lusseyran, F., L. Pastur and C. Letellier (2008). "Dynamical analysis of an intermittency in an open cavity flow." *Physics of Fluids* **20**(11): 114101\_1-114101\_7.
13. Mathelin, L., F. Bataille and Y. Zhou (2008). "Theoretical investigation of some thermal effects in turbulence modeling." *Theoretical and Computational Fluid Dynamics* **22**(6): 471-483.
14. Mathelin, L. and O. P. Le Maître (2009). "Robust control of uncertain cylinder wake flows based on robust reduced order models." *Computers and Fluids* **38**(6): 1168-1182.
15. Mongruel, A., V. Daru, F. Feuillebois and S. Tabakova (2009). "Early post-impact time dynamics of viscous drops onto a solid dry surface." *Physics of Fluids* **21**(3): 032101\_1-032101\_13.
16. Najm, H. M., B. J. Debusschere, Y. M. Marzouk, S. Widmer and O. P. Le Maître (2009). "Uncertainty quantification in chemical systems." *International Journal for Numerical Methods in Engineering* **80**(6-7): 789-814.
17. Nouy, A. and O. Le Maître (2009). "Generalized spectral decomposition for stochastic nonlinear problems." *Journal of Computational Physics* **228**(1): 202-235.
18. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure, Y. Fraigneau, R. Pethieu and P. Debesse (2008). "Quantifying the non-linear mode competition in the flow over an open cavity at medium Reynolds number." *Experiments in Fluids* **44**(4): 597-608.
19. Podvin, B. (2009). "A proper-orthogonal-decomposition-based model for the wall layer of a turbulent channel flow." *Physics of Fluids (Formerly Physics of Fluids A)* **21**(1): 015111\_1-015111\_18.
20. Podvin, B., Y. Fraigneau, J. P. Laval and J. Jouanguy (2010). "On self-similarity in the inner wall layer of a turbulent channel flow." *Journal of Fluids Engineering* **132**(4): 041202\_1-041202\_15.
21. Podvin, B., S. Khoja, F. Moraga and D. Attinger (2008). "Model and experimental visualizations of the interaction of a bubble with an inclined wall." *Chemical Engineering Science* **63**(7): 1914-1928.
22. Sargsyan, K., B. Debusschere, H. Najm and O. Le Maître (2010). "Spectral representation and reduced order modeling of the dynamics of stochastic reaction networks via adaptive data partitioning." *SIAM Journal on Scientific Computing* **31**(6): 4395-4421.
23. Sciamarella, D. and G. Artana (2009). "A water hammer analysis of pressure and flow in the voice production system." *Speech Communication* **51**(4): 344-351.
24. Sciamarella, D. and P. Le Quéré (2008). "Solving for unsteady airflow in a glottal model with immersed moving boundaries." *European Journal of Mechanics - B/Fluids* **27**(1): 42-53.
25. Snider, M. R., O. M. Knio, J. Katz and O. Le Maître (2008). "Numerical study on the motion of microscopic oil droplets in high intensity isotropic turbulence." *Physics of Fluids* **20**(7): 073301\_1-073301\_19.
26. Troyen, J., O. Le Maître, M. Ndjinga and A. Ern (2010). "Intrusive Galerkin methods with upwinding for uncertain nonlinear hyperbolic systems." *Journal of Computational Physics* **229**(18): 6485-6511.
27. Vézien, J. M., B. Ménélas, J. Nelson, L. Picinali, P. Bourdot, M. Ammi, B. F. G. Katz, J. M. Burkhardt, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). "Multisensory VR exploration for computer fluid dynamics in the CoRSAiRe project." *Virtual Reality* **13**(4): 257-271.

## Livres et ouvrages

1. Faure, T. (2008). *Dynamique des fluides appliquée : applications à l'aérodynamique*, Dunod.
2. Le Maître, O. P. and O. M. Knio (2010). *Spectral methods for uncertainty quantification (with applications to computational fluid dynamics)*, Springer.

## Ouvrage collectif

1. Lefranc, M., C. Letellier and L. Pastur, Eds. (2008). *Comptes rendus de la 11e rencontre du non-linéaire*, Non linéaire publications.

## Conférences avec actes et comité de lecture

1. Abbas-Turki, M., H. Abou-Kandil, L. Mathelin and L. Pastur (2010). *A robust control strategy for drag reduction in fluid mechanics*. PACAM XI. 11th Pan-American Congress of Applied Mechanics. 6p
2. Basley, J., L. Pastur, F. Lusseyran, T. Faure and N. Delprat (2009). *Investigation of the spatial organization of spectral dynamics in an incompressible cavity flow using time-resolved high-speed PIV*. 8th International Symposium on Particle Image Velocimetry. 4p
3. Bensmina, S., C. Tenaud, Y. Fraigneau and V. Daru (2009). *Une méthode de frontière immergée pour la simulation d'écoulements visqueux compressibles*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
4. Berland, J., T. Le Garrec, X. Gloerfelt and V. Daru (2008). *Assessment of high-order algorithms for aeroacoustic computation of shock-containing flows*. ICCFD5. 5th International Conference on Computational Fluid Dynamics. Paru dans : Computational Fluid Dynamics 2008, Choi, Haechon; Choi, H. G.; Yoo, J. Y. (Eds.), Springer 2009, ISBN 978-3-642-01272-3. 411-416
5. Daru, V., M. C. Duluc, O. Le Maître and P. Le Quéré (2008). *Numerical simulation of low Mach number liquid gas flows*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 6p
6. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *A numerical model for the simulation of low Mach number liquid-gas flows*. ISMF2009. The 6th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion. MN-26\_1-MN-26\_6
7. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *Simulation numérique d'écoulements liquide-gaz en approximation bas Mach*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
8. Daru, V., C. Millet and J. P. Majorcyrk (2008). *Application of a high resolution monotonicity preserving scheme to wave propagation in the atmosphere*. ISIS 18. 18th International Shock Interaction Symposium. 4p
9. Faure, T., A. Defrasne, F. Lusseyran, L. Pastur and Y. Fraigneau (2008). *Structure 3D d'un écoulement de cavité ouverte de forme variable*. CFTL 2008. Congrès Français de Techniques Laser. 433-440
10. Faure, T., A. Defrasne, F. Lusseyran and L. Pastur (2008). *Flow instabilities development inside an open cavity*. ISFV 13/FLUVISU12. 13th International Symposium on Flow Visualization/12th French Congress on Visualization in Fluid Mechanics. 81\_1-81\_11.
11. Faure, T., C. Douay, S. Mochki, F. Lusseyran and G. Quénot (2010). *Stereoscopic PIV using optical flow : investigation of a recirculating cavity flow*. ERCOFTAC 2010. 8th International ERCOFTAC Symposium on Engineering Turbulence Modelling and Measurements. 905-910
12. Faure, T., G. Lefèvre, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). *Critères d'apparition d'instabilités centrifuges dans une cavité ouverte*. 19e Congrès Français de Mécanique. 131-S09\_1-131-S09\_6
13. Faure, T., G. Lefèvre, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). *Identification de structures tourbillonnaires par PIV dans un écoulement de cavité*. 13e Congrès Français de Visualisation et de Traitement d'Image en Mécanique des Fluides. 8p
14. Fiabane, L., M. Gohlke, O. Cadot and O. P. Le Maître (2009). *Estimation des forces aérodynamiques sur un corps par une analyse volumique des structures tourbillonnaires*. 19e Congrès Français de Mécanique. 5p
15. Krebs, F., G. Artana and D. Sciamarella (2010). *Glottal aperture modes and acoustic output in an in-vitro self-oscillating vocal-fold model*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 1-4
16. Lusseyran, F., L. Pastur, T. Faure and C. Letellier (2008). *Poincaré section analysis of an experimental frequency intermittency in an open cavity flow*. XXII ICTAM. 22nd International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. 11329\_1-11329\_2
17. Ménélas, B., M. Ammi, L. Pastur and P. Bourdot (2009). *Haptical exploration of an unsteady flow*. WHC09. Third Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (World Haptics Conference '09). 6p
18. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure, B. Podvin and Y. Fraigneau (2008). *POD-based technique for 3D flow reconstruction using 2D data set*. ISFV 13/FLUVISU12. 13th International Symposium on Flow Visualization/12th French Congress on Visualization in Fluid Mechanics. 223\_1-223\_5
19. Podvin, B., Y. Fraigneau, J. Jouanguy and J. P. Laval (2009). *A POD-based reconstruction method for the flow in the near-wall region*. ETC 12. 12th EUROMECH European Turbulence Conference. 2p
20. Sciamarella, D. and G. Artana (2008). *Análisis de la producción de la voz por golpe de ariete*. FIA 2008. VI Congreso Iberoamericano de Acústica. 1-8
21. Sciamarella, D., E. Chisari, G. Artana, L. Bailly and X. Pelorson (2008). *Separated flow behavior in an in-vitro rigid model of the laryngeal channel*. ACOUSTICS 08. 155th Meeting of Acoustical Society of America. Abstract paru dans : Journal of the Acoustical Society of America, vol 123, n°5. 6p

## Congrès sans actes, workshops

1. Abou-Kandil, H., L. Mathelin, M. Abbas-Turki and L. Pastur (2009). *Closed-loop fluid flow control using a low dimensional model*. XI Jordanas IMM. *Mathematical Models in Medicine, Business & Engineering*.
2. Amroune, A. D., C. Letellier, L. Pastur, M. Brunel, H. Leblond and F. Sanchez (2009). *Analyse temporelle de dynamiques spatio-temporelles d'un laser*. 12e Rencontre du Non-Linéaire.
3. Chisari, E., G. Artana and D. Sciamarella (2008). *Experimental and numerical study of vortex dipoles in laryngeal flow*. FLUIDOS 2008. *X Reunion sobre Recientes Avances en Fisica de Fluidos y sus Aplicaciones*.
4. Chisari, N. E., G. Artana and D. Sciamarella (2008). *Estudio in vitro e in silico de la dinámica del flujo laríngeo*. 1a Reunión Conjunta AFA – SUF.
5. Le Maître, O., A. Nouy and L. Mathelin (2009). *Generalized spectral decomposition for uncertain elliptic problems*. SIAM Conference on Mathematical and Computational Issues in Geosciences 2009.

6. Le Maître, O., J. Troyen and A. Ern (2010). Adaptive strategies for uncertain hyperbolic systems. *2010 SIAM Annual Meeting*.
7. Le Maître, O. P. (2009). Méthodes spectrales pour la propagation des incertitudes dans les écoulements. *19e Congrès Français de Mécanique*.
8. Le Maître, O. P., S. Huberson and L. Mathelin (2008). A particle method for stochastic convection dispersion equations. WCCM8 - ECCOMAS 2008. 8th World Congress on Computational Mechanics - 5th European Congress on computational Methods in Applied Sciences and Engineering.
9. Le Maître, O. P. and J. Tryoen (2009). Non-tensored adaptive strategies for stochastic multiwavelet discretizations of UQ problems. *CSE09. SIAM Conference on Computational Science and Engineering*.
10. Lusseyran, F., L. Pastur, P. Debesse, D. Baltean and T. Faure (2009). Self referenced phase averaging and flow complexity. *14th International Conference on Fluid Flow Technologies*.
11. Mathelin, L., C. Desceliers and M. Y. Hussaini (2008). Stochastic data assimilation with a polynomial chaos parametric estimation. *WCCM8 - ECCOMAS 2008. 8th World Congress on Computational Mechanics - 5th European Congress on computational Methods in Applied Sciences and Engineering*.
12. Mathelin, L. and O. Le Maître (2008). Uncertainty quantification with dual-based mesh adaptation in a chemical system. *6th International Conference on Engineering Computational Technology*.
13. Millet, C. and V. Daru (2008). Nonlinear propagation of acoustic-gravity waves from explosive sources in the atmosphere. 61st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. Paru dans : Bulletin of the American Physical Society, Volume 53, Number 15.
14. Monasse, L., V. Daru, C. Mariotti and S. Piperno (2009). An explicit, conservative Immersed Boundary Method for the interaction of a compressible flow with an elastic structure. *EUROMECH 507 and ERCOFTAC. Immersed Boundary Methods : Current Status and Future Research Directions*.
15. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure and C. Letellier (2008). Analyse déterministe de la compétition nonlinéaire de modes dans un écoulement en cavité. *11e Rencontre du Non-Linéaire*.
16. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure and C. Letellier (2009). Intermittent regime in flow oscillations investigated by means of symbolic dynamics. *ICCSA 2009. The 3rd International Conference on Complex Systems and Applications*.
17. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure and C. Letellier (2009). Investigating a mode-switching regime in an oscillating flow by means of symbolic dynamics. *14th International Conference on Fluid Flow Technologies*.
18. Podvin, B. and L. Lorang (2008). Modèles POD pour la zone de paroi d'un canal turbulent. *11e Rencontre du Non-Linéaire*.
19. Troyen, J., O. Le Maître, M. Ndinga and A. Ern (2010). Roe solver and entropy corrector for hyperbolic systems with uncertain coefficients. *IV European Conference on Computational Mechanics*.
20. Tryoen, J., A. Ern, O. P. Le Maître and M. Ndinga (2009). Multi-resolution schemes and Roe-type solver for stochastic systems of conservation laws. *ENUMATH 2009. The eighth European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications, LIMSI-CNRS*.



CLAUDINE DANG VU-DELCARTE & CAROLINE NORE

## Introduction

Le groupe CORO s'intéresse à l'analyse, par approche numérique, des écoulements internes ou externes, induits par des couplages de forces volumiques (poussée d'Archimède thermique ou massique, champ magnétique,...) et/ou surfaciques (rotation différentielle, tension superficielle, ligne de contact, etc), à leur stabilité, ainsi qu'à leurs régimes transitionnels et turbulents.

La convection thermique est importante, tant pour ses nombreuses applications industrielles ou environnementales que pour les questions fondamentales qu'elle soulève. Les applications des études menées dans le groupe concernent principalement la thermique de l'habitat, la réfrigération, la croissance cristalline, le séchage de films composites. La validité du modèle physique classique a été soulevée dans plusieurs études : l'approximation de Boussinesq, la modélisation de discontinuités à la jonction entre surfaces ou la non prise en compte du rayonnement aux parois ont été remises en cause. Un autre type de questions touche à la théorie des systèmes dynamiques : la convection peut être interprétée en utilisant des notions de la théorie des bifurcations. Enfin, des gradients thermiques peuvent être si importants que la convection devient turbulente.

Les écoulements pilotés par le cisaillement ou la rotation constituent un autre thème étudié par les membres du groupe. Les tourbillons hélicoïdaux observés en bout de pales des hélicoptères ou des éoliennes par exemple influencent la stabilité de l'appareil ; leur étude pourrait permettre de les contrôler. L'étude de l'écoulement cisailé de Couette plan, des écoulements en conduite cylindrique ainsi que dans la couche limite de Blasius pourrait apporter des éléments de compréhension de la transition vers la turbulence dans les écoulements de proche-paroi.

Un problème privilégié est l'écoulement engendré par la rotation différentielle d'un ou de deux disques dans une cavité cylindrique. Son champ d'applications a été, ces dernières années, étendu à la magnétohydrodynamique (MHD) pour l'étude de l'effet dynamo. Ces recherches participent à l'effort international important pour créer expérimentalement une dynamo fluide auto-entretenue.

Dans la plupart des études portant sur la stabilité des écoulements, une même méthodologie a été utilisée. Les équations de Navier-Stokes en milieu confiné présentent des difficultés numériques particulières. Un investissement important a été consacré à la recherche d'outils numériques performants pour les résoudre mais aussi pour les modéliser à l'aide de systèmes de basse dimensionnalité. Les écoulements en milieu ouvert nécessitent une description pertinente des conditions aux limites entrantes et sortantes afin de générer des résultats numériques fiables.

## Présentation de la recherche

### Thème Convection thermique

*P. Le Quéré, J. Chergui, Y. Fraigneau, L. Martin Witkowski, A. Sergent, C. Weisman, S.F. Anwar*

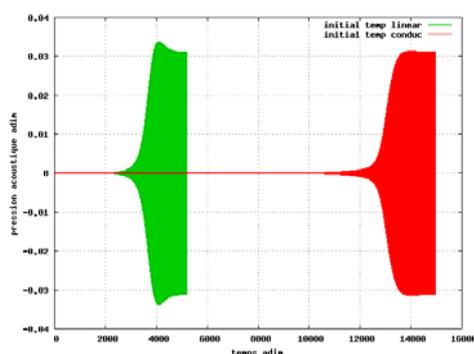
Les études de convection thermique portent sur l'écoulement 3D en cavité orthogonale et sur sa stabilité en relation avec un certain nombre d'applications industrielles. Dans le cas de l'analyse du processus de conversion d'énergie par effet thermoacoustique, l'analyse multi-échelles fait apparaître la pertinence de l'approximation Faible Mach. Le moteur thermoacoustique est modélisé comme un milieu poreux. La convection de Rayleigh-Bénard est le sujet de nombreux travaux tant numériques qu'expérimentaux. L'impact de la rotation sur les seuils de transition et la structure des écoulements, au voisinage de ces bifurcations, sont examinés en cavité cylindrique. Les transferts convectifs turbulents sont étudiés dans la configuration de Rayleigh-Bénard parallélépipédique et en convection forcée à très haute température en canal plan périodique différentiellement chauffé. Dans le cas d'études de bilans énergétiques pour l'habitat, une question importante porte sur le choix du modèle de transfert radiatif minimal mais pertinent.

### Convection pour la thermoacoustique

La majorité des études de convection thermique utilise l'approximation de Boussinesq, où toutes les propriétés physiques du fluide sont supposées uniformes et constantes, mise à part une dépendance linéaire de la densité en température dans le terme moteur de la poussée d'Archimède. En conséquence, le fluide peut être considéré comme effectivement incompressible. Cette approximation n'est valable que lorsque les variations de température sont petites. Un code basé sur le modèle de Paolucci, intermédiaire en complexité

entre l'approximation de Boussinesq et les équations compressibles complètes, a permis d'établir une des solutions de référence dans le cas test de la cavité différentiellement chauffée 2D en convection non-Boussinesq.

Ce code 2D faible Mach a également été adapté (thèse O. Hireche, université d'Oran) pour une étude des effets de couplages au sein d'une cellule active thermoacoustique (stack+échangeurs de chaleur) lors du fonctionnement « moteur » de la cellule, pour une application au cas des moteurs thermoacoustiques à ondes stationnaires. Une analyse asymptotique (collab. C. Weisman, D. Baltean-Carlès, P. Le Quéré et L. Bauwens, Université de Calgary) a tout d'abord permis de dégager les conditions de couplage entre l'écoulement dans le stack et le champ acoustique dans le résonateur. Les phases de démarrage et de saturation d'un moteur thermoacoustique ont été simulées, mettant en évidence plusieurs modes instables selon les configurations. Pour ces calculs les effets de la gravité sont négligés. Pour des conditions identiques en température, pression, géométrie, le déclenchement est retardé si on initialise le calcul par la solution 2D de conduction stationnaire par rapport à une répartition initiale linéaire de température. Plusieurs modélisations des échangeurs ont également été testées.

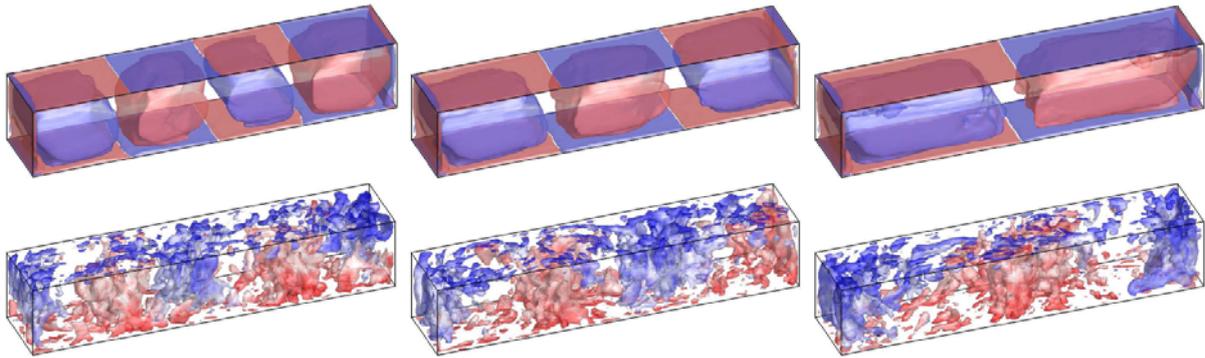


*Amplification et saturation d'une onde par effet thermoacoustique dans le cas (vert) d'une distribution initiale de température linéaire entre les échangeurs et (rouge) d'une distribution initiale de température correspondant à la solution de conduction stationnaire 2D.*

Une étude de la convection naturelle en cavité fluide partiellement remplie d'un milieu poreux a également été menée (collab. C. Weisman, D. Baltean- Carlès, P. Le Quéré, P. Duthil) pour la description des écoulements de convection dans le stack moteur thermoacoustique avant le démarrage de l'onde, le stack étant modélisé comme un empilement de plaques parallèles horizontales, encadré par deux échangeurs de chaleur. Les calculs ont montré qu'en fonction de la distance entre les plaques, le phénomène global de convection s'accompagne éventuellement de transferts convectifs de plus petite échelle localisés entre deux plaques. Plusieurs modèles de type milieu-poreux ont été testés pour proposer une formulation analytique approchée de l'écoulement au cœur de la cavité, montrant la nécessité d'utiliser une description anisotrope.

### Convection turbulente

A hauts nombres de Rayleigh ( $Ra_H \sim 10^9 - 10^{14}$ ), les simulations numériques directes de convection turbulente de Rayleigh-Bénard ne représentent que des phénomènes physiques sur des temps physiques relativement courts (quelques temps convectifs), du fait des limitations des calculateurs. La méthodologie développée pour la simulation de la convection naturelle turbulente nous a ici permis d'observer une transition turbulente se produisant à un temps de l'ordre de l'unité de temps diffusive. Lors de cette transition, l'organisation des grandes structures de l'écoulement est modifiée par rotation de l'axe des rouleaux alors que les petites échelles ne semblent pas affectées. Ce phénomène a également été observé expérimentalement. De plus, de multiples solutions organisées à grandes échelles ont pu être obtenues de manière stable sur quelques temps diffusifs. Ces phénomènes sont à mettre en relation avec les rotations, cessations et inversions du mouvement moyen observées dans des cavités de forme cylindrique. (collab. A. Sergent, P. Le Quéré).

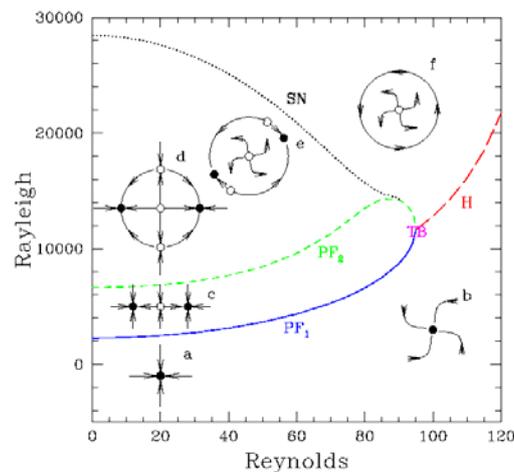


*Solutions multiples en convection de Rayleigh-Bénard turbulente,  $Ra=6 \cdot 10^8$ ,  $Pr=0.71$  : rouleaux de vitesse moyennés en temps (en haut) et instantanés (en bas).*

L'étude des transferts convectifs turbulents s'oriente depuis le début 2007 vers la convection forcée à très haute température en canal plan périodiquement différentiellement chauffé. Elle repose sur des Simulations des Grandes Échelles (LES) utilisant une approximation faible Mach des équations compressibles. Ce travail est supporté par un projet ANR non thématique (RS-PEGASE : Développement d'un récepteur solaire à gaz à haute température pour la production d'électricité par turbine à gaz et énergie solaire) en collaboration avec PROMES (UPR-8521), le CEA-GRETh-LETh et Bertin Technologies. L'étude porte sur le comportement de la modélisation de sous-maille en fonction du gradient thermique imposé, et en particulier sur l'importance de l'analogie de Reynolds. Il a été nécessaire de réaliser des simulations numériques directes coûteuses afin d'obtenir des résultats de référence (collab. A. Sergent, Y. Fraigneau, S.F. Anwar, L. Mathelin, F. Daumas-Bataille-PROMES).

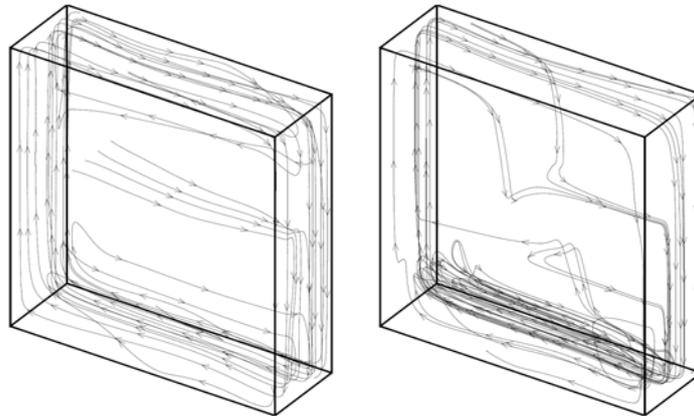
### Couplages convection-rotation et convection-rayonnement

La convection de Rayleigh-Bénard en géométrie cylindrique est étudiée depuis plus de 20 ans. La richesse des motifs observés au delà du seuil de stabilité continue de fasciner et de nouveaux scénarios de bifurcation sont régulièrement trouvés. Sur cette configuration classique, les effets d'un champ magnétique constant ou bien d'une rotation d'ensemble ont aussi été explorés. Dans cette étude, la convection de Rayleigh-Bénard a été couplée à une source de mouvement en imposant la rotation des disques supérieur et inférieur à des vitesses angulaires égales mais opposées en signe (collab. L. Martin Witkowski, L. S. Tuckerman, D. Barkley, L. Bordja et R. Bessaih). La figure suivante qui cartographie les régimes et les transitions dans l'espace des paramètres [Reynolds (défini par la vitesse de rotation), Rayleigh] montre la présence d'un point de Takens Bogdanov et de bifurcations SNIPER (saddle-node infinite-period) qui engendrent une dynamique riche et variée. Les portraits de phase de (a) à (f) illustrent la dynamique autour des différentes solutions. La transition à l'instationnarité se fait soit via une bifurcation de Hopf (H) de (b) à (f), soit via une bifurcation Sniper (SN) de (e) à (f) ou encore via une bifurcation globale (non détaillée ici) près du point de Takens Bogdanov (TB). Les bifurcations fourches (PF1 puis PF2) engendrent deux paires d'états stationnaires (une paire stable, l'autre instable) qui donnent naissance au cycle limite (f).



*Diagramme des bifurcations et portraits de phase ( $Pr=1$ , hauteur=rayon).*

La non concordance des résultats numériques et expérimentaux en cavité différentiellement chauffée remplie d'air a motivé l'intégration du rayonnement de paroi et du gaz à la modélisation physique du problème. Pour ce faire, un projet, dénommé COCORACOPHA (Couplage Convection-Rayonnement-Condensation Pour l'Habitat) faisant collaborer EM2C (Ecole Centrale de Paris), le LEPTAB (Univ. La Rochelle), le LET (ENSMa, Poitiers), le LETEM (Univ. Marne La Vallée), le CETHIL (Lyon) et le LIMSI a été proposé et soutenu par le programme Energie du CNRS. En raison de la multiplicité des niveaux de modélisation du rayonnement, depuis le rayonnement de surface jusqu'aux situations de gaz réels, une méthodologie de couplage générale a été développée, afin de sélectionner simplement la finesse de la modélisation et le niveau de description des propriétés radiatives des gaz. Cette procédure de couplage s'est orientée vers une solution via la bibliothèque MPI, plus souple d'utilisation que les premiers essais réalisés sous CORBA avec le soutien de l'IDRIS dans le cadre du projet d'infrastructure européenne de grilles de calcul DEISA (collab. A. Sergent, P. Le Quéré, J. Chergui, P. Joubert-LEPTIAB, F. Penot et D. Saury-PPRIME, S. Xin-CETHIL). Au vu des résultats obtenus par les différentes équipes du projet, le rôle clé de la répartition de température sur les parois avant et arrière a été mis en évidence. Celle-ci a un rôle moteur sur l'écoulement de proche paroi qui va contraindre thermiquement le cœur de la cavité, et mettre en mouvement ce volume de fluide. Ceci va à l'encontre de l'idée classiquement admise d'une stratification thermique du cœur de la cavité dominée par la transition turbulente des couches limites verticales.



*Effet de la condition limite thermique appliquée aux parois verticales latérales dans une cavité différentiellement chauffée à  $Ra=1.5 \cdot 10^9$ ,  $Pr=0.71$ . Lâcher de particules. Gauche : parois adiabatiques, droite: répartition expérimentale.*

## Thème Convection thermocapillaire et solutale

*C. Dang Vu- Delcarte, L. Martin Witkowski, C.T. Pham*

Les gradients de tension superficielle dus à des variations de température et/ou de concentration peuvent créer des contraintes en surface et induire des mouvements dans le fluide. Les processus naturels et industriels dans lesquels intervient ce type d'écoulements sont nombreux. Les études au sein du groupe portent sur le processus de croissance cristalline dit de zone flottante et sur l'évaporation de solutions polymères pour réaliser des dépôts sur les parois. La singularité de la ligne de contact mobile ainsi que le mouillage dans les liquides anisotropes sont des problèmes également étudiés.

### Convection thermocapillaire

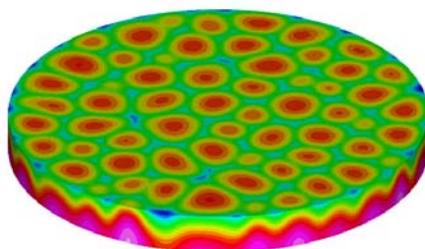
Dans le procédé de croissance cristalline par zone flottante, un polycristal est fondu et solidifié sur un germe de monocristal. L'écoulement dans le pont liquide situé entre les barreaux de poly et monocristaux est engendré par des variations de la tension superficielle de la surface libre soumise à un flux de chaleur inhomogène. Les instabilités de ces écoulements sont à l'origine de défauts dans le monocristal. Il est donc important d'en connaître la cause et de déterminer les seuils de transition. La rotation, dans le même sens ou dans des directions opposées, du monocristal et du polycristal est souvent utilisée pour éliminer les défauts d'asymétrie du chauffage. Les vitesses de rotation sont généralement déterminées empiriquement. L'étude (collab. L. Martin Witkowski, L. Kahouadji, pendant son stage de master 2, et J.S. Walker de l'université de l'Illinois) a mis en évidence les effets surprenants de la rotation sur les seuils de transition.

Lors de l'évaporation de films fluides binaires dont un des constituants est volatil, l'épaisseur du film diminue et la viscosité du mélange évolue aussi bien spatialement que temporellement. Le fluide subit des forces d'origine volumique (poussée d'Archimède) et surfacique (tension de surface) qui sont dues aux

gradients de température et/ou de concentration et qui peuvent éventuellement engendrer un écoulement. Un point délicat de ce type de problème est lié à son caractère transitoire (sensibilité à l'état initial). Une première analyse a permis de déterminer les valeurs des nombres de Marangoni et Rayleigh thermiques critiques de la transition entre régime diffusif et régime convectif (collab. C. Dang Vu-Delcarte, B. Trouette, F. Doumenc et B. Guerrier du laboratoire FAST et E. Chénier de l'Université de Paris Est).

### Convection solutale

Une autre partie de l'analyse porte sur la convection induite par les gradients de concentration. Ici aussi la sensibilité de l'écoulement aux conditions initiales est étudiée. L'évaporation conduit à une diminution de la couche de fluide et à une augmentation de la concentration en polymère. La viscosité du mélange varie fortement avec sa composition. Un point important de l'étude porte sur l'impact sur le seuil de transition diffusion/convection de la diminution de l'épaisseur de la couche fluide et de la variation de la viscosité (collab. C. Dang Vu-Delcarte, B. Trouette, F. Doumenc et B. Guerrier du laboratoire FAST et E. Chénier de l'Université de Paris Est). Cette étude fait partie de l'axe « Instabilités thermoconvectives » de la fédération TMC.



*Champ de température dans un cas d'évaporation où seule la thermique est simulée (température chaude en rouge, froide en bleu,  $Ra=150$ ,  $Ma=1950$ ,  $Pr=12$ ,  $Bi=0.2$ ).*

### Ligne de contact mobile en évaporation

Comprendre les mécanismes de dépôt par voie liquide demande d'appréhender le problème de la ligne de contact mobile en présence d'évaporation. Ce problème est complexe car l'hydrodynamique présente une singularité au niveau de la ligne de contact et il en est de même pour le flux évaporatif. Un modèle simple de ligne de contact mobile en évaporation, dans des conditions de mouillage partiel ou total, a été proposé en prenant en compte le caractère divergent près de la ligne de contact du flux d'évaporation. La résolution numérique et analytique du modèle a permis la généralisation de la loi de mouillage de Tanner dans la région macroscopique. En outre, dans le cas du mouillage total, en tenant compte des interactions de van der Waals entre liquide et substrat sous la forme d'un terme de pression de disjonction, l'existence d'un film précurseur dans la région microscopique au bord du liquide est démontrée. Sa longueur et son épaisseur sont reliées à la constante de Hamaker et au flux évaporatif (collab. C.-T. Pham, F. Lequeux, PPMD, ESPCI, et L. Limat, MSC, Université Paris Diderot).

### Transition de mouillage dans les liquides anisotropes

Un liquide isotrope posé sur une surface voit l'angle de contact donné par la relation d'Young-Dupré changer en fonction de la rugosité du substrat (loi de Wenzel). Dans le cas d'un liquide anisotrope, en l'occurrence un cristal liquide nématique, cette propriété peut être mise en défaut à cause du coût en énergie de déformation élastique qui retarde alors la transition de mouillage. De plus, dans le cas d'un substrat sinusoïdal, il est connu que les fluides isotropes peuvent subir une transition de remplissage à laquelle le fluide passe d'un état non mouillant vers un état mouillant piégé. Une seconde transition de mouillage intervient ensuite. Dans le cas des cristaux liquides, la transition de remplissage peut disparaître sous certaines conditions. Dans d'autres conditions, c'est la transition de mouillage total qui peut être complètement interdite. L'ensemble de ces travaux résulte de considérations théoriques ainsi que de simulations numériques par éléments finis et maillages adaptatifs afin de prendre en compte la présence de défauts topologiques microscopiques éventuels (collab. C.-T. Pham, P. Patrício, Université de Lisbonne, et J. M. Romero-Enrique, Université de Séville).

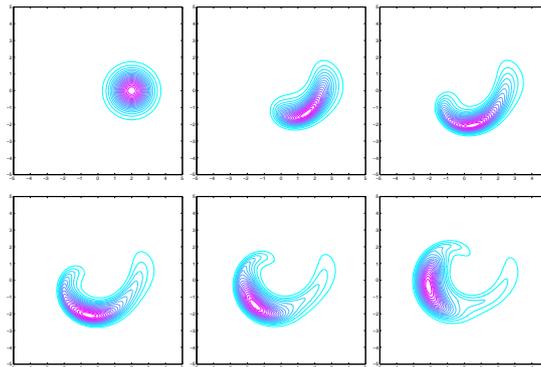
## Thème Écoulements rotatifs et cisailés.

*I. Delbende, Y. Duguet, L. Martin Witkowski, P. Le Quéré, O. Daube*

Dans les processus industriels mais aussi dans le milieu naturel, on rencontre souvent des fluides tournants et cisailés. Par exemple, les tourbillons hélicoïdaux se rencontrent à l'aval de nombreux dispositifs tournants comme les éoliennes et les rotors d'hélicoptères. On s'intéresse alors à leurs instabilités et leurs interactions dans le but de les contrôler. La naissance de la turbulence dans les écoulements cisailés comme dans celui de Couette plan, dans une conduite cylindrique ainsi que dans la couche limite de Blasius est également étudiée afin d'apporter des éléments de compréhension de la transition vers la turbulence dans les écoulements de proche-paroi. En milieu confiné, les membres du groupe s'intéressent à l'écoulement entre un disque tournant et une surface libre.

### Écoulements hélicoïdaux

Les tourbillons hélicoïdaux se rencontrent à l'aval de nombreux dispositifs tournants comme les hélices, les éoliennes et les rotors d'hélicoptères, ainsi que dans des dispositifs statiques comme en aérodynamique pour l'interaction entre vortex de bout d'aile et de volet. En observant que, dans de nombreux cas, l'écoulement présente localement une invariance hélicoïdale, un code numérique original a été développé, permettant d'imposer cette symétrie dans les équations de Navier-Stokes (collab. I. Delbende, O. Daube, M. Rossi, IJLRA, UPMC). Un code 2D d'O. Daube en formulation  $\psi$ - $\omega$  a été transformé dans ce sens et validé. En bénéficiant de la puissance du calcul 2D, il permet d'une part de générer des solutions hélicoïdales de base en vue d'étudier leurs instabilités, et d'autre part d'examiner des dynamiques d'interaction 3D entre vortex hélicoïdaux. Ce travail fait l'objet de la thèse de B. Piton co-encadrée par I. Delbende et M. Rossi (IJLRA), et a été développé dans le cadre du projet ANR HiSpeed-PIV (porté par le FAST, F. Moisy) puis d'un projet ANR Hélice déposé conjointement avec l'IRPHE (Marseille, S. Le Dizès).



*Evolution temporelle d'un vortex hélicoïdal unique, en coupe perpendiculaire à l'axe de l'hélice.*

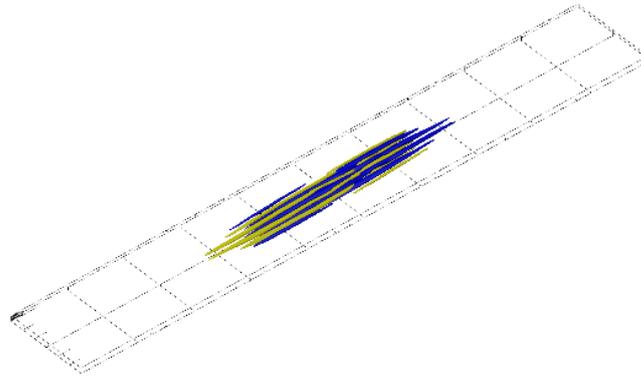
### Écoulements avec disque tournant et surface libre

Dans une cavité cylindrique fixe remplie d'un fluide et dont on fait tourner le fond, il est observé, à la surface libre, des motifs inattendus lorsque la vitesse de rotation dépasse un certain seuil. Cette configuration a conduit à la fois à des études expérimentales mais aussi numériques. La grande majorité des études numériques se sont limitées à une « surface libre » imposée plane et à des rapports de forme (hauteur de fluide sur rayon) d'ordre unité, ceci à la fois pour des raisons de coût de calcul et pour éviter la complexité de la géométrie. Dans le cadre de sa thèse, L. Kahouadji s'est affranchi de ces deux contraintes. Dans une première partie, il a étudié les petits rapports de forme afin de comparer ses résultats avec une étude expérimentale réalisée à l'IRPHE (Marseille). Ces calculs ont été faits en maintenant la contrainte d'une surface libre plane. Cette étude a montré les limites de ce modèle ce qui a motivé la deuxième partie de sa thèse dans laquelle un code prenant en compte la déformation de la surface libre a été écrit.

### Écoulements cisailés

L'écoulement de Couette plan est généré par la translation différentielle de deux plaques parallèles. Il constitue le problème type pour l'étude des transitions sous-critiques des écoulements de proche-paroi. Les études numériques (collab. Y. Duguet, P. Schlatter et D. Henningson, à KTH, Stockholm) ont mis en évidence ce régime de bandes laminaires/turbulentes dans de très grands domaines de calculs. La dynamique de groupe de ces motifs turbulents résulte de la croissance oblique de perturbations localisées. L'étude de la transition sous-critique vers la turbulence dans les écoulements cisailés s'est également

concentrée sur le calcul d'états hydrodynamiques instables ('edge states') qui délimitent, dans l'espace des phases associé, les bassins d'attraction respectifs des états laminaire et turbulent. Les travaux numériques récents de Y. Duguet, dans le cas de l'écoulement de Couette plan, de la conduite cylindrique ainsi que récemment dans une couche limite de Blasius, ont montré que ces états instables sont localisés dans l'espace. Dans le cas d'une conduite cylindrique (collab. Y. Duguet, R. Kerswell, University of Bristol, et A. Willis, LadHyx), l'instabilité de tels états peut conduire, selon la valeur du nombre de Reynolds, à la formation de structures turbulentes localisées, ou à l'expansion de bouffées turbulentes. Un critère quantitatif, basé sur la vitesse de propagation des tourbillons éjectés de la nappe tourbillonnaire en amont, permet de prédire si l'écoulement turbulent grandit spatialement ou non.

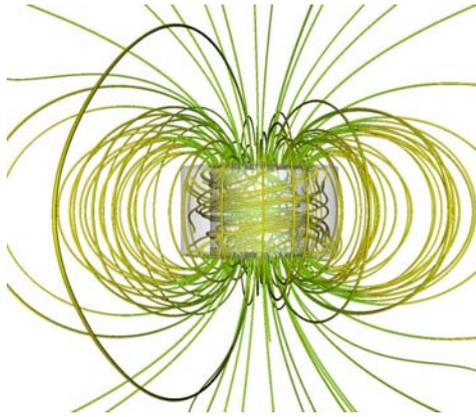


*Isosurfaces de vitesse longitudinale d'un 'edge state' dans l'écoulement de Couette plan,  $Re=375$ .*

## Thème Magnétohydrodynamique (MHD)

### *C. Nore*

L'approximation magnétohydrodynamique des équations de Maxwell permet d'étendre l'hydrodynamique aux fluides conducteurs en restant dans le cadre de la physique galiléenne. Les applications aux situations astrophysiques et industrielles sont nombreuses. On se limite ici à la conversion d'énergie cinétique en énergie magnétique par effet dynamo, qui est le mécanisme de base invoqué pour expliquer l'omniprésence des champs magnétiques dans l'univers. Le travail de l'équipe (collab. C. Nore, J. Léorat, LUTH, Meudon, J.-L. Guermond, TAMU, Texas) porte sur des configurations avec interfaces axisymétriques entre conducteur et isolant, et champ magnétique externe dérivant d'un potentiel scalaire, ce qui recouvre la plupart des cas de dynamos. Un code 3D, basé sur une méthode mixte (éléments finis dans le plan méridien et Fourier dans la direction azimutale) a été développé et validé. Les conditions de passage à l'interface conducteur-isolant pour le champ magnétique sont imposées par une méthode de pénalisation. Le code a permis de simuler l'expérience von Kármán Sodium (VKS) menée au CEA-Cadarache qui a montré l'émergence d'un champ magnétique à dominante axisymétrique aligné avec l'axe de rotation des turbines. Pour modéliser l'effet des petites échelles de l'écoulement fortement turbulent, un effet alpha (théorie du champ moyen) a été ajouté au niveau des pales des turbines. Il en résulte un champ axisymétrique principalement toroidal dans le cylindre et fortement dipolaire à l'extérieur (voir figure). Ces résultats encourageants ont été obtenus avec un effet alpha trop grand et des conditions aux limites de type « ferromagnétique parfait». Ils sont à améliorer pour prendre en compte le saut de perméabilité magnétique fini entre le fluide et le fer doux constituant les turbines dans l'expérience. L'interaction du tourbillon de von Kármán avec le champ magnétique est un des thèmes de l'ANR HiSpeed (F. Moisy, FAST). Dans sa thèse, A. Ribeiro étudie la propagation et la réflexion des ondes d'Alfvén dans un cylindre en relation avec l'expérience Galalfvén de Grenoble (T. Alboussière et al., LGIT), les régimes non linéaires de disques en rotation, soumis à un champ magnétique constant, après le développement de l'instabilité magnéto-rotationnelle et des cas de validation de la prise en compte du saut de perméabilité.



*Lignes de champ magnétique pour une dynamo similaire à celle de l'expérience de von Kármán Sodium (CEA Cadarache) : la composante verticale est positive (négative) en vert (jaune).*

## Thème Méthodologie

*C. Dang Vu-Delcarte, G. Labrosse, P. Le Quéré, L. Martin-Witkowski*

### Réduction de modèles pour les écoulements confinés

L'étude de la stabilité en régime faiblement non-linéaire d'écoulements tridimensionnels en géométrie confinée est un problème difficile d'un point de vue numérique. Les techniques efficaces pour suivre les branches de bifurcations ou encore la détermination des seuils de transition sont lourdes à mettre en oeuvre car les équations de Navier-Stokes, une fois discrétisées, ont un très grand nombre de degrés de liberté. L'objectif est de réduire ce nombre en construisant un système d'équations de faible dimension à l'aide d'une base adéquate. Le choix de la base pour projeter les équations de Navier-Stokes est crucial car elle doit à la fois contenir peu d'éléments mais aussi être pertinente pour capter la dynamique de l'écoulement étudié. La base construite à partir des vecteurs propres issus des équations de Navier-Stokes linéarisées autour d'un état de base est une bonne candidate. Ces vecteurs propres sont calculés à l'aide d'une méthode de Newton-Arnoldi bien connue et développée depuis plusieurs années au laboratoire. Cette technique a été testée sur la convection de Rayleigh-Bénard en géométrie cylindrique avec rotation des disques supérieur et inférieur. Cette configuration est riche d'un point de vue des bifurcations (voir thème convection thermique) et a permis de valider notre approche (collab. L. Martin Witkowski, L. S. Tuckerman, ESPCI et M. C. Navarro, lors de son séjour postdoctoral au laboratoire).

### Conditions aux limites pour les écoulements en milieu ouvert

Pour les écoulements en milieu ouvert ou semi-infini, l'imposition de conditions aux limites appropriées sur les frontières artificielles est une question essentielle pour la pertinence et la qualité des simulations. Cette question a fait l'objet de très nombreux travaux, qui se sont en général concentrés sur la partie des frontières où l'écoulement est sortant, la question des conditions aux limites entrantes étant réputée de difficulté moindre. S'il en est bien ainsi dans des situations de convection forcée, il n'en est pas de même pour des situations où le moteur de l'écoulement est à l'intérieur du domaine de calcul et où ce qui se passe sur la frontière entrante n'est pas connu et ne peut donc être imposé a priori. Un remède à cette constatation a été de considérer des conditions de type Neuman, dans l'espoir de ne pas contraindre l'écoulement trop fortement sur sa frontière entrante. Une situation prototype de ce type de situation est l'écoulement en canal vertical. Un benchmark organisé au sein de la communauté française a mis en évidence un éparpillement considérable des solutions, ce qui peut amener à se poser la question du caractère bien posé du problème test tel que défini ou des modalités d'implémentation des conditions aux limites prescrites. Cette question a été examinée en recherchant les modes du noyau de l'opérateur de Stokes discret correspondant à cette configuration. Pour ne pas rencontrer la difficulté additionnelle liée à l'existence d'éventuels modes parasites de pression, un maillage et une discrétisation de type MAC ou maillage décalé ont été choisis. La décomposition en valeurs singulières de l'opérateur discret permet de caractériser la dimension du noyau qui, dans le meilleur des cas, doit se réduire au seul mode trivial, la paire (vitesse nulle, pression constante). Lorsque ceci n'est pas le cas, la solution non-linéaire du problème stationnaire n'est alors déterminée qu'à une combinaison linéaire des autres modes du noyau près. La reconnaissance de cette indétermination permet alors de proposer un algorithme de superposition consistant à utiliser cette propriété pour contraindre la solution à vérifier une ou des conditions supplémentaires, en nombre égal à la dimension du noyau, comme une différence de pression entre deux points par exemple ou

une vorticité entrante. Cette méthodologie a été appliquée à un certain nombre de configurations test, canal vertical, couche limite de convection, corps chaud en cavité ventilée, etc. Cette procédure trouve également à s'appliquer dans un certain nombre d'autres configurations, comme celle d'un écoulement en tuyau présentant plusieurs sorties ou des écoulements de type jet libre par exemple.

### Ellipticité de l'opérateur Laplacien discret

La discrétisation temporelle des équations de bilan de la dynamique des fluides conduit souvent à des équations d'Helmholtz elliptiques. En géométrie orthogonale multidimensionnelle, l'approximation spectrale conduit à des opérateurs discrets qui sont résolus de façon efficace par diagonalisations successives. L'opérateur de diffusion en coordonnées polaires, issu d'une méthode de collocation spectrale Chebyshev-Fourier sur une grille de Gauss-Radau en  $r$ , présente, pour des degrés relativement faibles des résolutions spatiales en  $r$  et en  $\phi$ , des valeurs propres complexes quand cet opérateur est associé à des conditions aux limites de type Neumann. Il a été montré que cette violation de l'ellipticité du problème continu était intrinsèque à l'opérateur et non due à des erreurs d'arrondi (collab. C. Dang Vu-Delcarte, G. Labrosse, B. Trouette). Pour éviter d'avoir recours à une résolution en variables complexes, une méthode basée sur une transformation de la grille de Gauss-Radau a été proposée et son impact a été évalué sur la précision de la solution dans un calcul d'écoulement thermocapillaire en pont liquide axisymétrique.

### Modes propres de Stokes

Dans les équations de Navier-Stokes, la dynamique non linéaire est contrôlée par la diffusion. Comprendre la dynamique propre de la partie diffusive de Navier-Stokes peut fournir un éclairage intéressant dans l'étude de la turbulence. C'est l'objectif de l'étude des modes propres de Stokes entreprise en collaboration avec E. Leriche de l'Université de Saint Etienne. Les modes propres cartésiens ne sont pas connus analytiquement s'ils sont contraints à vérifier une condition de non-glisserment sur une frontière fermée, ils ne peuvent donc être déterminés que numériquement. Ils ont été calculés par une approximation pseudo-spectrale Chebyshev et par une méthode de Lattice Boltzmann (collab. G. Labrosse, E. Leriche et P. Lallemand). Les valeurs propres dominantes ainsi que leur multiplicité dans le carré et dans le cube sont en bon accord. Une relation exacte entre le potentiel vecteur et la vorticité a également été établie pour des écoulements de Stokes instationnaires. Cette relation a été appliquée aux modes propres de Stokes d'écoulements confinés en géométries cartésienne et cylindrique.

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Claudine	Dang Vu	Ens-Ch	Pr1	U-PSud	1
Olivier	Daube	Ens-Ch	PREM	Université d'Evry	1
Ivan	Delbende	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Yohann	Duguet	Ch	CR2	CNRS	1
Gérard	Labrosse	Ens-Ch	Pr1	U-PSud	1
Patrick	Le Quéré	Ch	DR1	CNRS	1
Laurent	Martin Witkowski	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Caroline	Nore	Ens-Ch	Pr1	U-PSud	1
Chi-Tuong	Pham	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Anne	Sergent	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Catherine	Weisman	Ens-Ch	MC	UPMC	1

### Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Adolfo	Ribeiro	Physique Macroscopique	U-PSud	01/10/2006

Lyes	Kahouadji	SMAE	UPMC	01/10/2007
Benoit	Trouette	Physique Macroscopique	U-PSud	01/10/2007
Benjamin	Piton	SMAE	UPMC	01/10/2008
Francky	Luddens	Matière Condensée et interfaces	U-PSud	01/09/2009
Huong-Lan	Tran	SMAE	UPMC	07/12/2009

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Syed	Anwar	Post-Doc

## Participation à des instances

### Instances d'administration de la recherche

- C. Dang Vu-Delcarte est membre élu de la CCSU 60-61-62 de Paris Sud 11.
- C. Dang Vu-Delcarte est membre nommé du Département de Physique de Paris Sud 11.
- C. Dang Vu-Delcarte est responsable de la 5th Conference of the International Marangoni Association on Interfacial Fluid Dynamics and Processes (IMA5)
- I. Delbende est membre élu du conseil d'UFR Mécanique-Energétique-Robotique de l'UPMC.
- I. Delbende est membre du comité d'experts de la section 60 à l'UPMC.
- I. Delbende est membre nommé du conseil de laboratoire du LIMSI.
- G. Labrosse est conseiller scientifique au CEA.
- P. Le Quéré est conseiller du Directeur Scientifique de l'Institut INSIS
- P. Le Quéré représente le CNRS dans le conseil d'administration de l'ONERA, de la Fondation EADS, de la Fondation Aéronautique et Espace
- L. Martin Witkowski est membre du comité de sélection de la section 60-62 de l'Université d'Evry Val d'Essonne.
- C. Nore est membre élu de la CCSU 60-62-61 de Paris Sud 11.
- C. Nore est membre junior de l'Institut Universitaire de France depuis septembre 2008.
- C. Nore est membre nommé au Conseil de Laboratoire du LIMSI.
- C.T. Pham est membre du comité d'organisation de la 5th Conference of the International Marangoni Association on Interfacial Fluid Dynamics and Processes (IMA5).
- C.T. Pham est membre élu de la CCSU 60-61-62 de Paris Sud 11.
- C. Weisman est membre élu du conseil des Enseignements de d'UFR 919 (Ingénierie) de l'UPMC.

### Enseignement et diffusion des connaissances

- C. Dang Vu-Delcarte, G. Labrosse, C. Nore et C.T. Pham enseignent à l'Université de Paris-Sud 11.
- I. Delbende, L. Martin Witkowski, A. Sergent et C. Weisman enseignent à l'UPMC.
- C. Dang Vu-Delcarte est responsable du Master de Mécanique Physique de Paris Sud 11 et de la Spécialité professionnelle « Acoustique physique, Dynamique des Fluides, Fluides complexes ».
- I. Delbende a été invité dans le cadre d'un échange enseignant ERASMUS à l'Université Technologique de Wroclaw (Pologne).
- G. Labrosse est co-responsable de la Spécialité recherche « Acoustique physique, Dynamique des Fluides, Fluides complexes ».
- P. Le Quéré et A. Sergent ont participé à l'organisation de la 11ième école thématique de Mécanique des Fluides Numériques MFN2009 sur le thème « Transferts en écoulements dominés par la Convection » à l'île d'Oléron, du 7 au 13 juin 2009.
- C. Nore est responsable du Master M1 de la mention Mécanique Physique de l'Université Paris Sud 11.

### Collaborations de recherche

#### Internationales

- C. Dang Vu-Delcarte et G. Labrosse font partie du topical team Microgravity de l'European Space Agency.
- Y. Duguet entretient une collaboration avec P. Schlatter et D. Henningson (KTH Stockholm), ainsi qu'avec P. Manneville (LadHyx), sur l'étude de la transition vers la turbulence dans l'écoulement de Couette plan. L'étude de la transition dans la couche limite de Blasius est menée en

collaboration avec la même équipe de KTH Stockholm et avec B. Eckhardt (Université Phillips-Marburg). L'étude de la transition en conduite cylindrique est menée avec A. Willis (LadHyx) et Rich Kerswell (Université de Bristol).

- G. Labrosse a des collaborations avec E. Leriche de l'Université de Saint Etienne et M. Deville du Laboratoire d'Ingénierie Numérique de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne sur les modes propres de Stokes et les modèles visco-élastiques, avec R. Narayanan du département de Chemical Engineering de l'Université de Floride (USA) sur les instabilités interfaciales, avec D. Crunkleton du département de Chemical Engineering de l'Université de Tulsa (USA) sur les instabilités en transport ionique dans les électrolytes solides, et avec I. Mozolevski du Département de Mathématique de l'Université Fédérale de Santa Catarina (Brésil) sur le préconditionnement de la méthode dite de Galerkin discontinu.
- P. Le Quéré entretient une collaboration avec l'équipe du Pr. A. Belguith (Lab. transferts thermiques) de la faculté des sciences de Tunis sur la modélisation et la simulation d'écoulements de convection naturelle et mixte à haut nombre de Rayleigh.
- L. Martin Witkowski entretient une collaboration avec le Pr. Walker (Urbana Champaign, USA) sur les écoulements thermocapillaires en rotation, avec M C Navarro (UCLM, Espagne) sur la réduction de modèle pour les écoulements confinés et D. Barkley (Université de Warwick), L Bordja (Université de Jilel, Algérie), R Bessaih (Université de Constantine, Algérie) pour l'analyse des bifurcations.
- C.-T. Pham collabore avec P. Patrício (Université de Lisbonne) et J. M. Romero-Enrique (Université de Séville) sur des problèmes de mouillage de cristaux liquides.
- C. Weisman participe à une collaboration avec Luc Bauwens (Université de Calgary) sur l'analyse multi-échelles et la simulation numérique Faible Mach en thermoacoustique.
- Contrat CMEP 2010: Un projet de collaboration franco-algérienne qui a été retenu en 2010 dans le cadre du Partenariat Hubert Curien franco-algérien TASSILI (8840 euros). Les financements seront utilisés pour faciliter la poursuite de la collaboration déjà établie lors de la thèse de O. Hireche, entre le Laboratoire de Mécanique Appliquée de l'Université des Sciences et de la Technologie d'Oran et le LIMSI. Un des objectifs est la création d'une équipe de recherche à l'USTO sur la problématique de l'optimisation des machines thermoacoustiques.

## Nationales

Le groupe intervient dans plusieurs réseaux nationaux :

- GdR AMETH
- GdR Turbulence
- GdR Dynamo
- GdR Dycoec
- GdR Thermoacoustique (création en 2007, organisation des journées 2008 du GDR Thermoacoustique au LIMSI, les 15/16 décembre 2008 (40 participants)
- Le groupe participe à la la Fédération « Transferts de masse et de chaleur » : Axe 3 « instabilités thermoconvectives » sur le thème de la convection hors Boussinesq. Participation aux premières réunions de la Fédération, aux réunions de bilan, et à une journée organisée sur le thème « convection hors Boussinesq ».
- Première école de Thermoacoustique. Cette école (labellisée CNRS) est organisée à l'initiative du GdR thermoacoustique dans la station biologique de Roscoff du 30 mai au 4 juin 2010.

Les collaborations suivantes ont donné lieu à des publications communes :

- C. Dang Vu-Delcarte avec G. Kasperski (FAST) sur les instabilités thermocapillaires.
- I. Delbende avec M. Rossi (IJLRA) sur la dynamique tourbillonnaire.
- Y. Duguet avec P. Schlatter et D. Henningson (KTH) sur la transition vers la turbulence dans l'écoulement de Couette plan.
- G. Labrosse avec E. Leriche et M. Deville de l'EPFL sur les modes propres de Stokes.
- P. Le Quéré avec S. Blancher (LATEP, Université de Pau) sur les instabilités hydrodynamiques dans des canaux ondulés.
- L. Martin Witkowski avec L.S Tuckerman du PMMH.
- C. Nore avec J. Léorat (Observatoire de Meudon) et J.L. Guermond de l'Université du Texas sur la MHD.
- C.-T. Pham avec F. Lequeux (PPMD, ESPCI) et L. Limat (MSC, Université Paris Diderot) sur les problèmes de ligne de contact mobile.
- A. Sergent et P. Le Quéré avec F. Penot et D. Saury (LET) et P. Joubert (LEPTAB) pour la cavité différentiellement chauffée.
- A. Sergent et P. Le Quéré avec F. Dumas-Bataille (PROMES) pour le canal plan soumis à un fort gradient de température.
- A. Sergent et P. Le Quéré avec S.Xin (CETHIL) pour l'étude du couplage convection-rayonnement.

## Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
01/01/2001	31/12/2008	DRI Pologne	Autre	Partenariat	CNRS / Académie polonaise des sciences (PAN)	Le Quéré Patrick	Le Quéré Patrick	15 900
01/04/2006	31/12/2008	CMCU	Autre	Partenariat	CMCU	Le Quéré Patrick	Le Quéré Patrick	17 089
22/12/2006	21/12/2009	RS-PEGASE	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Ferrière Alain PROMES	Sergent Anne	58 883
01/07/2007	31/12/2009	COCORACOPHA	Programme interdisciplinaire Energie	Collaboration de recherche	CNRS	Le Quéré Patrick	Le Quéré Patrick	0

## Production scientifique

### Thèses

1. Redondo, A. (2008). *Simulations numériques à précision spectrale d'écoulements incompressibles en géométrie non orthogonale*. Doctorat, Université Paris 7/LIMSI,

### Revue à comité de lecture

1. Berteloot, G., C. T. Pham and A. Daerr (2008). "Evaporation induced flow a near contact line: consequences on coating and contact angle." *Europhysics Letters* **83**: 14003\_1-14003\_5.
2. Bordja, L., L. S. Tuckerman, L. Martin-Witkowski, M. C. Navarro, D. Barkley and R. Bessaih (2010). "Influence of counter-rotating von Karman flow on cylindrical Rayleigh-Bénard convection." *Physical Review E* **81**(3): 036322\_1-036322\_16.
3. Boronska, K. and L. S. Tuckerman (2010). "Extreme multiplicity in cylindrical Rayleigh-Bénard convection. I. Time dependence and oscillations." *Physical Review E* **81**(3): 036320\_1-036320\_13.
4. Delbende, I. and M. Rossi (2009). "The dynamics of a viscous vortex dipole." *Physics of Fluids* **21**(7): 073605\_1-073605\_15.
5. Duguet, Y., P. Schlatter and D. S. Henningson (2009). "Localized edge states in plane Couette flow." *Physics of Fluids* **21**(11): 111701\_1-111701\_4.
6. Duguet, Y., P. Schlatter and D. S. Henningson (2010). "Formation of turbulent patterns near the onset of transition in plane Couette flow." *Journal of Fluid Mechanics* **650**: 119-129.
7. Duluc, M. C., O. Le Maitre, V. Daru and P. Le Quéré (2009). "Numerical study of liquid inclusion oscillations inside a closed 1D microchannel filled with gas." *Microfluidics and Nanofluidics* **6**(2): 163-177.
8. Duluc, M. C., S. Xin, F. Lusseyran and P. Le Quéré (2008). "Numerical and experimental investigation of laminar free convection around a thin wire : long time scalings and assessment of numerical approach." *International Journal of Heat and Fluid Flow* **29**(4): 1125-1138.
9. Giesecke, A., C. Nore, F. Plunian, R. Laguerre, A. Ribeiro, F. Stefani, G. Gerbeth, J. Léorat and J. L. Guermond (2010). "Generation of axisymmetric modes in cylindrical kinematic mean-field dynamos of VKS type." *Geophysical & Astrophysical Fluid Dynamics* **104**(2): 249-271.
10. Guermond, J. L., R. Laguerre, J. Léorat and C. Nore (2009). "Nonlinear magnetohydrodynamics in axisymmetric heterogeneous domains using a Fourier/finite element technique and an interior penalty method." *Journal of Computational Physics* **228**(8): 2739-2757.
11. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean Carlès, P. Le Quéré, M. X. François and L. Bauwens (2010). "Numerical model of a thermoacoustic engine." *Comptes Rendus Mécanique* **338**(1): 18-23.
12. Labrosse, G. (2009). "The piecewise-linear finite volume scheme: the best known lowest-order preconditioner for the  $d_2 \times d_2$  Chebyshev spectral operator." *Journal of Computational Physics* **228**(12): 4491-4509.
13. Laguerre, R., C. Nore, A. Ribeiro, J. Léorat, J. L. Guermond and F. Plunian (2008). "Impact of impellers on the axisymmetric magnetic mode in the VKS2 dynamo experiment." *Physical Review Letters* **101**(10): 104501\_1-104501\_4.
14. Léorat, J. and C. Nore (2008). "Interplay between experimental and numerical approaches in the fluid dynamo problem." *Comptes Rendus Physique* **9**(7): 741-748.

15. Leriche, E., P. Lallemand and G. Labrosse (2008). "Stokes eigenmodes in cubic domain : primitive variable and Lattice Boltzmann formulations." *Applied Numerical Mathematics* **58**(7): 935-945.
16. Lorang, L., B. Podvin and P. Le Quéré (2008). "Application of compact neural network for drag reduction in a turbulent channel flow at low Reynolds numbers." *Physics of Fluids* **20**(4): 045104\_1-045104\_13.
17. Navarro, M. C., L. Martin-Witkowski, L. S. Tuckerman and P. Le Quéré (2010). "Building a reduced model for nonlinear dynamics in Rayleigh-Bénard convection with counter-rotating disks." *Physical Review E* **81**(3): 036323\_1-036323\_12.
18. Nguyen, S., C. Dang Vu-Delcarte and G. Kasperski (2008). "On the regularity of some thermocapillary convection models." *European Journal of Mechanics - B/Fluids* **27**(6): 771-784.
19. Ouarzazi, M. N., F. Mejni, A. Delache and G. Labrosse (2008). "Nonlinear global modes in inhomogeneous mixed convection flows in porous media." *Journal of Fluid Mechanics* **595**: 367-377.
20. Patricio, P., C. T. Pham and J. M. Roméro-Enrique (2008). "Wetting transition of a nematic liquid crystal on a periodic wedge structured substrate." *The European Physical Journal E* **26**: 97-101.
21. Sciamarella, D. and P. Le Quéré (2008). "Solving for unsteady airflow in a glottal model with immersed moving boundaries." *European Journal of Mechanics - B/Fluids* **27**(1): 42-53.

## Chapitres d'ouvrage

1. Sergent, A. and P. Le Quéré (2010). *Large-scale patterns in a rectangular Rayleigh-Benard cell*. Direct and Large-Eddy Simulation VII, ERCOFTAC Series, Vol. 13, Springer: 425-428.

## Conférences à comité de lecture

1. Bordja, L., L. S. Tuckerman, L. Martin-Witkowski, M. C. Navarro and R. Bessaih (2009). *Oscillations dans la convection de Rayleigh-Bénard en cavité cylindrique*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
2. Bouguerra, N., M. Bouterra, O. Vauquelin, A. El Cafsi, A. Belghith, P. Bournot and P. Le Quéré (2008). *Etude de la structure dynamique de l'écoulement turbulent autour d'un obstacle : effet de la stratification thermique*. SFT 2008. Congrès Français de Thermique "Thermique Aeronautique et Spatiale". 223-228
3. Chénier, E., C. Desceliers and B. Trouette (2009). *Sensibilité à la condition initiale de la convection naturelle de Bénard-Marangoni en régime transitoire*. SFT 2009. Congrès Français de Thermique 2009. 6p
4. Daru, V., M. C. Duluc, O. Le Maitre and P. Le Quéré (2008). *Numerical simulation of low Mach number liquid gas flows*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 6p
5. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *A numerical model for the simulation of low Mach number liquid-gas flows*. ISMF2009. The 6th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion. MN-26\_1-MN-26\_6
6. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *Simulation numérique d'écoulements liquide-gaz en approximation bas Mach*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
7. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean, L. Bauwens, M. X. François and P. Le Quéré (2008). *Numerical simulation of a thermoacoustic wave amplification*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 3708. Poster
8. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean, M. X. François, P. Le Quéré and L. Bauwens (2008). *Numerical model of a thermoacoustic engine*. Acoustics Week in Canada 2008. Annual Conference of the Canadian Acoustical Association. 2p
9. Hireche, O., C. Weisman, P. Le Quéré, M. X. François, L. Bauwens and D. Baltean Carlès (2009). *Numerical simulation of a thermoacoustic engine*. 17th Annual Conference of the CFD Society of Canada. 6p
10. Kahouadji, L., L. Martin-Witkowski and P. Le Quéré (2009). *Seuils de stabilité pour un écoulement engendré dans une cavité cylindrique avec surface libre et fond tournant*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
11. Le Quéré, P. (2008). *On the computation of some external or partially enclosed natural convection flows*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 206\_1-206\_8
12. Trouette, B., E. Chénier, O. Bouzidi and C. Dang Vu-Delcarte (2009). *Etude numérique du régime transitoire dans un modèle thermique d'évaporation*. JITH 2009. 14emes Journées Internationales de Thermique. 6p
13. Trouette, B., E. Chénier, F. Doumenc and C. Dang Vu-Delcarte (2009). *Instabilités induites par évaporation : modèle solutal*. SFT 2009. Congrès Français de Thermique 2009. 6p
14. Weisman, C., D. Baltean Carlès, P. Le Quéré and L. Bauwens (2010). *Modèle faible Mach et simulations numériques 2D de l'amplification d'onde thermoacoustique*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 6p
15. Weisman, C., D. Baltean Carlès, P. Le Quéré and L. Bauwens (2010). *Numerical study of thermoacoustic wave amplification*. ECCOMAS CFD 2010. V European Conference on Computational Fluid Dynamics. 9p
16. Weisman, C., D. Baltean, P. Duthil and P. Le Quéré (2008). *Natural convection in a stack of horizontal plates in a differentially heated cavity*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 203\_1-203\_8
17. Xin, S., J. Chergui and P. Le Quéré (2008). *3D spectral parallel multi-domain computing for natural convection flows*. Parallel CFD 2008. 20th International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics. 7p

## Congrès sans actes, workshops

1. Dang Vu-Delcarte, C., B. Trouette, E. Chenier and B. Guerrier (2009). *Numerical study of the convection induced by evaporation in cylindrical geometry*. The 62nd Annual DFD/APS Meeting.
2. Delbende, I. and M. Rossi (2008). *Vortex dipole : free and strained evolution*. EUROMECH 2008. 7th European Fluid Mechanics Conference.
3. Duguet, Y., P. Schlatter and D. S. Henningson (2009). *Pattern formation in plane Couette flow turbulence*. The 62nd Annual DFD/APS Meeting: 1p.
4. Le Quéré, P. (2009). *Au sujet du calcul d'écoulements de convection naturelle en milieux ouverts et quelques questions connexes*. 19e Congrès Français de Mécanique: 45 slides.
5. Martin-Witkowski, L., L. Kahouadji and J. S. Walker (2009). *Thermocapillary instabilities with crystal and feed rod rotation in laterally heated liquid bridge*. 3rd International Symposium on Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics.
6. Navarro, M. C., L. Martin-Witkowski, L. S. Tuckerman and P. Le Quéré (2008). *Reduced models to study Rayleigh-Benard convection in cylindrical geometry*. 61st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. Paru dans : Bulletin of the American Physical Society, Volume 53, Number 15.
7. Navarro, M. C., L. Martin-Witkowski, L. S. Tuckerman and P. Le Quéré (2009). *Reduced models to study Rayleigh-Bénard convection in cylindrical geometry*. 3rd International Symposium on Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics.
8. Pham, C. T., G. Berteloot, F. Lequeux and L. Limat (2008). *Dynamics of contact line under evaporation*. 61st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. Paru dans : Bulletin of the American Physical Society, Volume 53, Number 15: 1p.
9. Pham, C. T., G. Berteloot, F. Lequeux and L. Limat (2009). *Dynamics of complete wetting liquid under evaporation*. 62nd Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics: 1p.
10. Ribeiro, A., J. L. Guermond, J. Léorat and C. Nore (2009). *Effect of discontinuous magnetic permeability on magnetohydrodynamic problems*. International Conference Frontiers in Dynamo Theory.
11. Ribeiro, A. and C. Nore (2009). *Dynamo action in Taylor-Couette flows*. International Conference on Natural Dynamos.
12. Ribeiro, A., C. Nore, J. Léorat and J. L. Guermond (2008). *Magnétohydrodynamique dans un disque képlérien: instabilité magnéto-rotationnelle et saturation non-linéaire*. 11e Rencontre du Non-Linéaire: 173-178.
13. Sergent, A. and P. Le Quéré (2008). *Large-scale patterns in a rectangular Rayleigh-Benard cell*. 7th Ercoftac Workshop on Direct and Large Eddy Simulation.
14. Tuckerman, L. S. and K. Boronska (2008). *Multiplicité extrême de motifs convectifs*. 11e Rencontre du Non-Linéaire: 4183-4186.
15. Tuckerman, L. S., K. Boronska, L. Bordja, L. Martin-Witkowski and M. C. Navarro (2008). *Bifurcation phenomena in cylindrical convection*. 61st Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics. Paru dans : Bulletin of the American Physical Society, Volume 53, Number 15.

MICHEL PONS

## Introduction

Au LIMSI, les Transferts Solide-Fluide (TSF) se déclinent autour des pôles suivants : écoulements diphasiques, écoulements oscillants, transferts avec l'hélium superfluide, et des transferts appliqués, ici à l'habitat. Ces recherches très diverses englobent un certain nombre de frontières.

Expérimental *versus* numérique. Le groupe TSF développe un effort expérimental soutenu sur les écoulements oscillants et sur la résistance de Kapitza. PIV, mesures de pression dynamiques, vélocimétrie par fil chaud, mesure de températures cryogéniques forment le spectre présent des techniques mises en œuvre, auquel devrait bientôt se rajouter la LDV. Parallèlement, de plus en plus de simulations numériques sont développées dans le groupe. Les problèmes abordés vont de la dynamique d'une surface libre (ondes de Faraday) à la prise en compte des joints de grain sur la conduction dans les cavités supraconductrices, en passant par l'élaboration de techniques numériques potentiellement adaptées aux simulations de l'habitat.

Fondamental *versus* appliqué. Chaque problématique présente des points durs théoriques, qui impliquent souvent des interactions entre échelles (micro et macro), tant en termes d'écoulements (streaming en fluide oscillant, dynamique des interfaces liquide-gaz) qu'en termes de transferts. Parallèlement, certains travaux sont plus proches des finalités : cavités supraconductrices, analyse du rafraîchissement solaire ou habitat.

Depuis 2008, l'effectif du groupe TSF a beaucoup augmenté, principalement grâce à l'incorporation des membres de l'ex-Action Transversale Thermoacoustique et l'arrivée de doctorants. Actuellement TSF compte trois chercheurs CNRS, huit enseignants-chercheurs (UPMC, Université Paris-Sud 11 et CNAM), et trois doctorants. Les membres permanents se répartissent en trois A et huit B, dont cinq HDR. V. Bourdin, ingénieur de recherche responsable de la Cellule Expérimentale du Département Mécanique-Énergétique, est en très forte relation avec les membres et les travaux du groupe TSF.

Le groupe a fait un gros effort pour publier dans des revues à comité de lecture (8 articles en 2009 pour 8 permanents actifs) ; il ira plus présenter ses travaux dans les conférences internationales en 2010.

## Présentation de la recherche

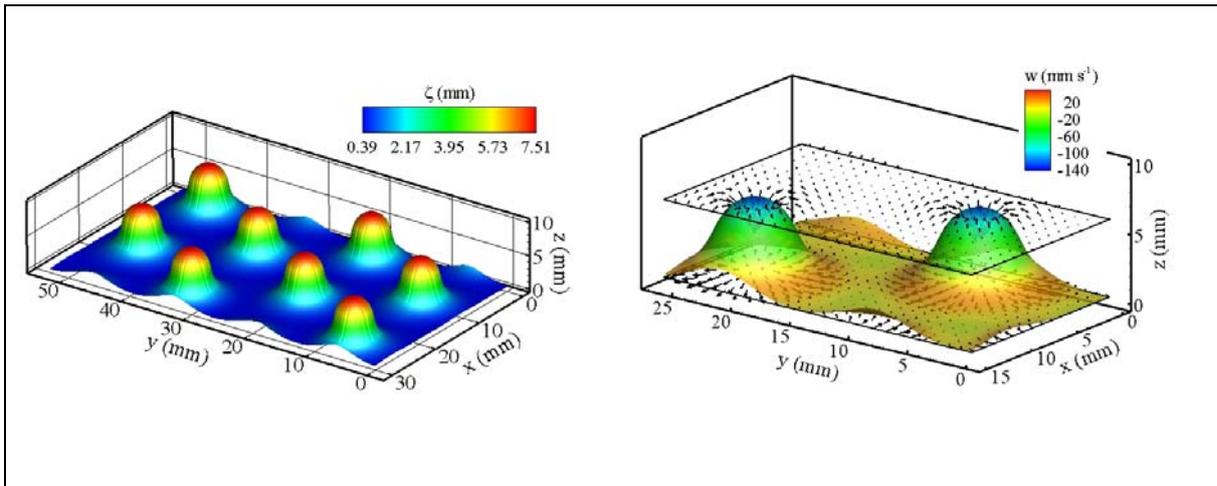
### Thème Dynamique d'écoulements diphasiques

*M.-C. Duluc, D. Juric, F. Feuillebois, V. Daru, N. Périnet, G. Prigent, P. Le Quéré*

Il arrive très souvent, dans la nature comme dans les procédés, que deux phases, liquide et gazeuse soient simultanément présentes. On peut se demander alors quelle est la forme réelle de l'interface, ou bien quelles sont les interactions réciproques entre ces deux phases. Ce thème se décline sur deux axes utilisant une base numérique commune, à savoir la résolution numérique par différences finies des équations de Navier-Stokes dans deux phases dont les densités, viscosités et conductivités sont différentes, avec un suivi d'interface par *front-tracking*. Le premier axe étudie les topologies de l'interface elle-même, pour deux problématiques : les ondes de Faraday et les coalescence/détachement de bulles injectées dans un bain liquide. Le second axe étudie les interactions entre les deux phases du fluide, interactions dynamiques et thermiques via l'interface que celle-ci soit le siège de changement d'état ou non.

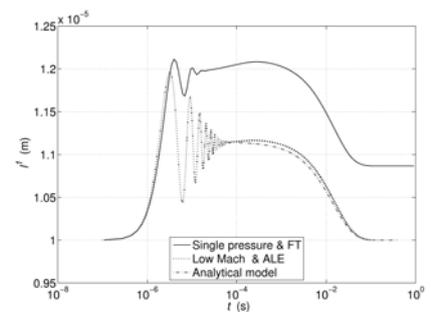
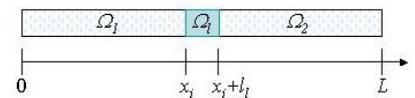
En 1831, Faraday observa que lorsqu'un récipient contenant un liquide avec une surface libre est agité verticalement, le fluide et l'interface se mettent à osciller. Au-delà d'un certain seuil les ondes, stationnaires, produisent des motifs réguliers sur la surface du liquide. Dans l'approche numérique développée par D. Juric, N. Périnet et J. Chergui (CIGITA), les deux fluides sont supposés immiscibles et incompressibles, et le *front-tracking* prend en compte la tension superficielle. Cette simulation tridimensionnelle des effets non-linéaires dans les ondes de Faraday est une première. Les calculs reproduisent bien les observations expérimentales : motifs carrés pour des amplitudes d'oscillation limitées, hexagonaux au-delà, spectres spatio-temporels identiques aux incertitudes expérimentales près. Les figures ci-dessous montrent un motif hexagonal sur la surface libre, les couleurs y indiquent, à gauche la hauteur de l'interface, à droite la vitesse verticale ; remarquer les vitesses dans la phase gazeuse au-dessus de l'interface. Ce travail mené en collaboration avec L.S. Tuckerman (PMMH, Paris) et récemment publié [Périnet *et al.*, *JFM*, 2009], s'inscrit dans le courant des études sur la dynamique des surfaces libres, et plus généralement sur la génération spontanée de motifs géométriques (motifs quasi-cristallins, super-réseaux, oscillons). Au-delà des études en cours sur cette instabilité supercritique, ce code permettra d'explorer des conditions initiales très précisément fixées, ou bien

l'effet de contraintes sur les symétries, ou encore les états stationnaires instables, apportant ainsi une contribution que nous espérons importante aux travaux théoriques sur l'instabilité de Faraday.



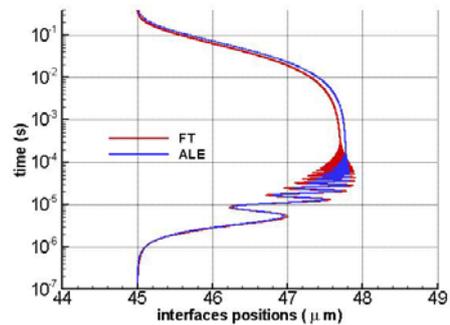
La seconde problématique, le bullage de gaz dans un bain de verre en fusion, est étudiée par D. Juric en collaboration avec Saint-Gobain Recherche (SGR). SGR a fait appel au LIMSI pour simuler l'effet du bullage sur la dynamique du bain liquide de façon plus fine que par des termes sources globaux, comme cela était fait jusqu'alors. Les très grands écarts de masse volumique et de viscosité entre le verre et le gaz sont un point dur pour ces simulations. Le code avec *front-tracking* est donc complété avec, d'une part la dynamique de l'injection et ses effets, d'autre part la coalescence des bulles, dont la physique est encore très mal connue. Les calculs sont validés par comparaison avec des expériences modèles effectuées chez SGR, ainsi qu'avec des données issues de la littérature. Les apports de M. Lebrequer (stagiaire M2 ENSAM, 2008) et G. Ndongo Fokoua (stagiaire M2 UPMC, 2009) ont permis de simuler le pincement et le détachement (*pinch-off*) d'une bulle d'air dans l'eau ou de l'huile minérale. D'après les calculs, le rayon de pincement décroît dans le temps suivant une loi en puissance, ce qui est en parfait accord avec les observations expérimentales. La viscosité joue aussi un rôle important. Les développements à venir porteront sur l'étude des effets de la densité et de la tension superficielle, sur la parallélisation du code et sur des calculs axisymétriques avec les caractéristiques du verre. Un contrat de collaboration formelle SGR-LIMSI avait été signé pour 2009, il devrait se poursuivre par le financement d'un post-doc en 2010.

Lorsque la dynamique et la thermique de chacune des deux phases sont couplées via l'interface, la pression thermodynamique et la compressibilité de la phase gazeuse (qui peut être la vapeur du liquide) jouent un rôle essentiel. C'est le cas pour les écoulements diphasiques en cavité fermée comme pour les écoulements microfluidiques générés par des effets pneumatiques. Un premier modèle numérique avait été développé par V. Daru (maillage fixe, un seul jeu d'équations pour les deux phases, *front-tracking*) avec une variable pression unique, comme pour un fluide compressible. Avec ce premier modèle, M.C. Duluc avait simulé de façon satisfaisante la vaporisation partielle d'un film liquide à l'intérieur d'une enceinte fermée 1D (changement de phase liquide-vapeur, prise en compte de la courbe de saturation, très faible déplacement de l'interface) [Daru *et al.*, *Comptes Rendus Mécanique*, 2006.]. En revanche, pour le cas d'une lame liquide insérée entre deux lames de gaz dans un micro-canal 1D (voir ci-contre), et oscillant sans changement d'état sous l'effet d'une actuation thermique en  $x=0$ , les vitesses d'interface deviennent significatives ( $\sim 1 \text{ m.s}^{-1}$ ), et l'état stationnaire calculé diffère de celui attendu d'après la thermodynamique (voir ci-contre l'évolution temporelle de la position de la lame liquide dans le cas d'un chauffage à température imposée en  $x=0$  avec paroi adiabatique en  $x=L$ ).



Ce résultat nous a montré que des problèmes numériques subsistaient dans la résolution couplée du champ de pression unique et du suivi d'interface. Un second code a alors été développé par O. Le Maître (groupe AERO), utilisant une méthode ALE pour le suivi d'interface (le maillage est reconstruit à chaque pas de temps) ; les phases gazeuses y sont modélisées par l'approximation *Faible*

*Mach* (en effet, dans nos configurations la vitesse des fluides est toujours bien inférieure à la vitesse du son ; cette approximation affranchit le schéma des contraintes numériques liées à l'acoustique) et la phase liquide y est posée incompressible. Ce code, avec un suivi d'interface très précis, a été validé analytiquement [Duluc *et al.*, *Microfluidics and Nanofluidics*, 2009.]. Un troisième modèle a donc été développé par V. Daru, couplant une phase liquide incompressible, une phase gazeuse compressible traitée avec l'approche *Faible Mach* et toujours le suivi d'interface par *front-tracking*. La pression a maintenant deux composantes : la pression thermodynamique, liée à la température de l'interface et à la densité de la phase gazeuse, et la pression dynamique liée, elle, au champ de vitesse. L'accord montré ci-contre entre la solution de référence (ALE en bleu) et le code *Faible Mach front-tracking* (FT en rouge) est tout à fait satisfaisant. Pour étendre ce troisième code aux géométries 2D et 3D, il faut savoir traiter correctement le champ de pression dans son entier, notamment le raccordement de la pression thermodynamique à l'interface comme entre les volumes gazeux, et ce malgré l'hypothèse d'incompressibilité de la phase liquide. Cette extension est en cours de réalisation par G. Prigent, doctorant de l'ED 404.



Enfin, avec l'arrivée récente de F. Feuillebois (DR CNRS) au LIMSI, ce thème s'ouvre sur l'étude des sprays.

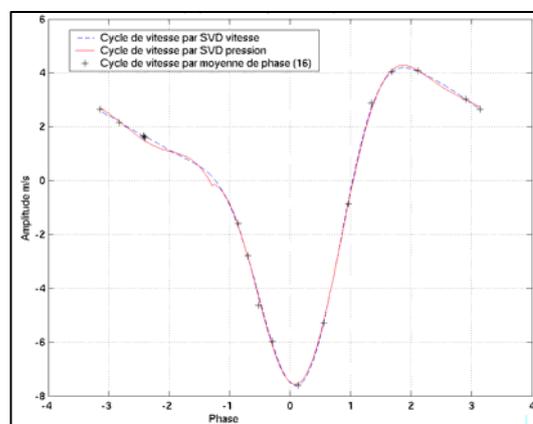
## Thème Dynamiques et transferts en fluide oscillant

*D. Băltean-Carlès, S. Kouidri, F. Jebali, G. Defresne, F. Lusseyran, M.X. François, R. Paridaens, Ph. Debesse*

Une meilleure connaissance des effets non-linéaires à l'œuvre au sein des fluides oscillants est une condition nécessaire à l'amélioration des performances des systèmes thermoacoustiques. Sont présentés ici les travaux strictement menés dans le groupe *TSF*, dont la dimension expérimentale est très forte ; les études menées en collaboration avec des membres d'autres groupes sont, elles, présentés au titre de l'« *Action Transversale Thermoacoustique-Cryogénie* ». Les études sur les fluides oscillants et la thermoacoustique sont intégrées au GdR *Thermoacoustique* (No 3058) rassemblant le LMFA (Lyon), le LAUM (Le Mans), Pprime (Poitiers), l'IPNO (Orsay), ainsi que le PHASE (Toulouse), FEMTO (Besançon) et la société Hékyom (Orsay).

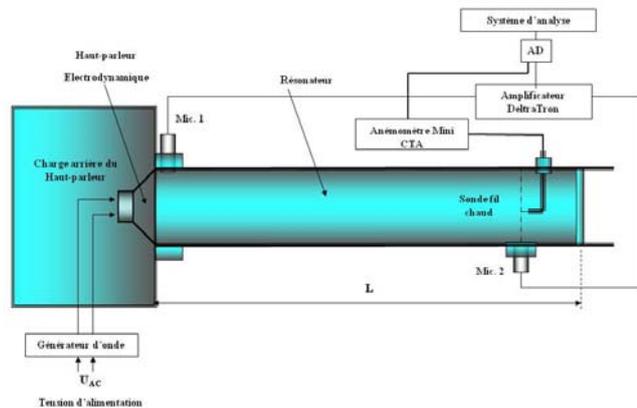
Les non-linéarités se traduisent soit par des écoulements permanents superposés à l'onde acoustique (streaming) soit par des distorsions permanentes du champ de pression. Les uns comme les autres dissipent de la puissance acoustique. Évaluer cette dissipation nécessite de mesurer les composantes de la vitesse du fluide **et** de la pression correspondant aux non-linéarités. Comme les effets à mesurer sont de deux, voire trois ordres de grandeurs plus faibles que la composante acoustique elle-même, il est très difficile de les mettre en évidence. Les techniques expérimentales que nous apprenons à maîtriser sont, premièrement la vélocimétrie, soit par Vélocimétrie par Image de Particule (PIV) soit par anémométrie fil chaud, deuxièmement la mesure de pressions.

Avec l'aide de F. Lusseyran (groupe AERO), qui au LIMSI a une longue expérience des mesures PIV, D. Baltean-Carlès et Ph. Debesse ont mis au point une cellule de mesure de vélocimétrie par PIV sur une portion d'un résonateur à onde stationnaire générée par thermoacoustique (stack plus deux échangeurs de chaleur). Cette installation a permis de caractériser le champ de vitesse acoustique ( $\sim 1 \text{ m.s}^{-1}$ ) mais aussi de mettre en évidence des écoulements secondaires de l'ordre du  $\text{cm.s}^{-1}$ . Les procédures d'acquisition et les post-traitements ont été adaptés à l'installation (voir la thèse de Ph. Debesse). Le « *drive-ratio* » a été varié entre 1 et 4,5 %. La théorie linéaire de l'acoustique rend bien compte des mesures pour un *drive-ratio* de 1 % et si le taux d'harmonique local reste limité. Ce n'est pas du tout le cas pour les valeurs fortes du *drive-ratio* : fort taux d'harmonique, extrema de vitesse dissymétriques à cause du déphasage entre le mode fondamental et les harmoniques (voir Figure). La détermination des champs moyens (par moyenne en phase comme par POD) est très sensible aux incertitudes de mesure. Cependant, il semble bien que ces champs moyens soient

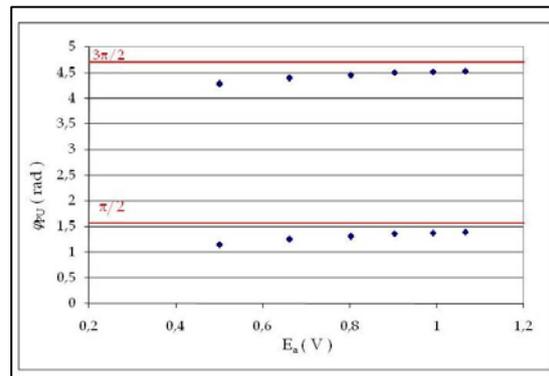
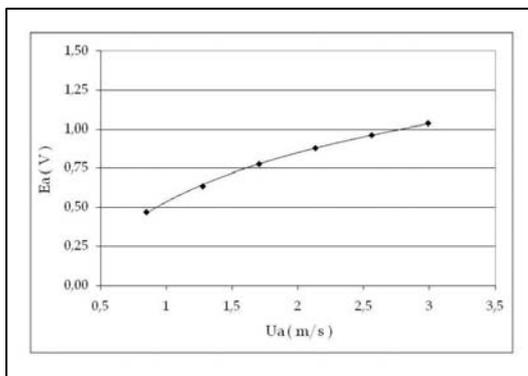


tridimensionnels et principalement constitués de deux cellules de convection. La valeur du *drive-ratio* influence la forme et l'étendue de ces cellules. La visualisation de ces champs moyens dans des conditions proches d'une vraie machine thermoacoustique est aussi une première. Il faut maintenant explorer d'autres positions dans le résonateur pour déterminer comment ces cellules se développent sur toute l'étendue de l'onde. Ces résultats ont été présentés à trois conférences internationales [Acoustic's 08 en conférence invitée, 18th ISNA et 14th Int. Conf. on Fluid Flow Technologies].

La maîtrise de l'anémométrie à fil chaud en fluide oscillant complète utilement la maîtrise des méthodes optiques. En effet, l'anémométrie à fil chaud présente l'avantage de la simplicité et d'un coût limité. Cependant, opérer en fluide oscillant présente une difficulté fondamentale : la vitesse moyenne est nulle, ou presque, ce qui rend inutilisables les étalonnages conventionnels des fils chauds. L'objectif premier fut donc d'étudier la faisabilité d'une calibration de fil chaud dans un champ de vitesse acoustique. La figure ci-contre montre le dispositif expérimental. Pour cette calibration, F. Jebali propose de corréler la tension mesurée à la vitesse référence calculée à l'aide d'un modèle acoustique linéaire, lequel aura été préalablement validé par des mesures dans une configuration simple.



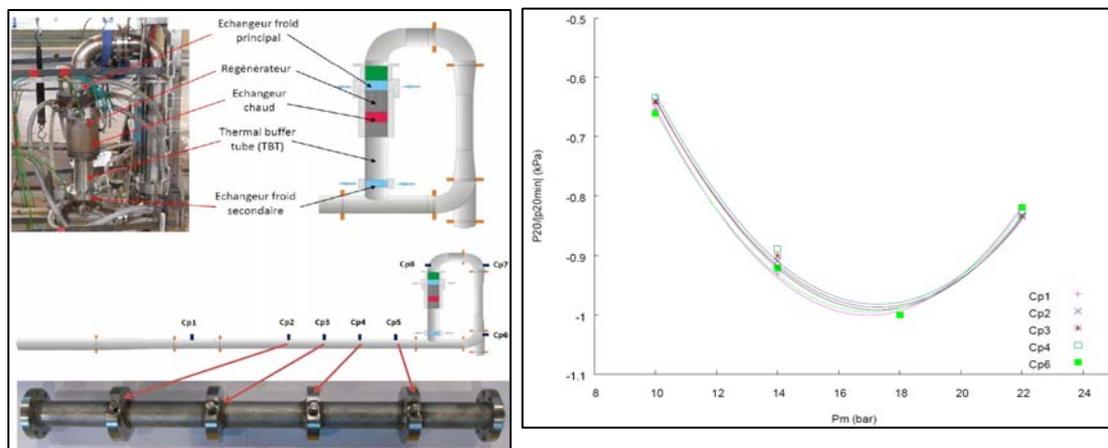
Pour filtrer l'effet des écoulements moyens éventuellement superposés à l'écoulement oscillant, F. Jebali utilise la méthode dite « *des maxima* » développée par G. Huelsz *et al.* [Experiments in Fluids 2001]. Différentes fréquences et différents niveaux de puissance acoustique sont explorés. Pour la calibration en amplitude, c.à.d. l'établissement d'une corrélation entre amplitude la vitesse oscillante et maximum de tension mesurée, les valeurs des vitesses sont calculées par le modèle développé par H. Bailliet [Bailliet *et al. Acta-Acustica-Acta-Acustica* 2000, Jebali *et al. Int. J. Refrig* 2004] et corrélées à la tension mesurée (ci-dessus à gauche), et la tendance de la courbe pour la vitesse indique que la loi de King, habituellement appliquée aux fils chauds, ne peut être utilisée quand l'écoulement est oscillant. La phase déterminée à partir des mesures est en bon accord avec la théorie (à droite). En conclusion, la calibration de fils chauds pour mesurer des amplitudes de vitesse oscillante est possible. L'influence de la fréquence doit maintenant être étudiée.



Pour avoir accès aux puissances, la mesure des vitesses doit être complétée par la mesure des champs de pression. S. Koudri développe cette technique expérimentale, avec un intérêt particulier pour la composante moyenne, de deux ordres de grandeurs plus faible que l'harmonique principale certes, mais qui donne l'amplitude des phénomènes non-linéaires, dissipatifs car causes des pertes d'efficacité énergétique des machines thermoacoustiques. Cette campagne expérimentale a été conduite avec un moteur thermoacoustique annulaire de type *Stirling* (voir figure ci-contre) : la boucle annulaire est prolongée par un résonateur rectiligne. Pour accéder à la pression moyenne, environ 100 fois plus faible que la pression de travail (plusieurs dizaines de bars), S. Koudri et R. Paridaens utilisent des capteurs de pression piézo-électriques pariétaux répartis le long des parois du résonateur (voir ci-dessous à gauche), dont l'étalonnage a exigé une attention très méticuleuse. La figure ci-dessous à droite montre l'évolution de la pression moyenne d'ordre deux (normalisée par son minimum) en fonction de la pression moyenne. L'amplitude

caractérise les non-linéarités du système. Il apparaît que cette amplitude peut être minimisée en adaptant la pression de travail.

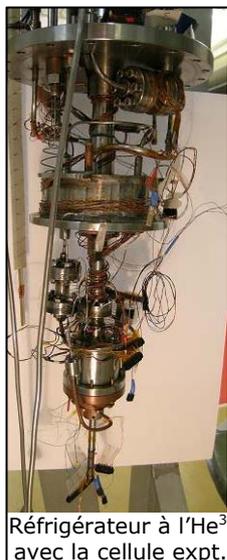
L'ensemble des travaux réalisés dans ce thème aura donné lieu à trois présentations au CFA 2010, et sera présent à diverses conférences en 2010 [Int. Conf. ASME-ATI-UIT en mai, ASME Fluids Engineering Summer Meeting], des articles de revue sont aussi en préparation [JASA].



## Thème Transferts de chaleur à l'interface solide-hélium superfluide

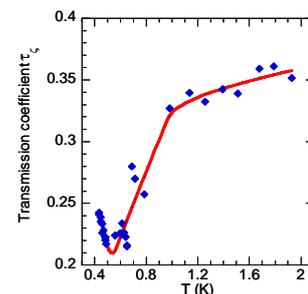
J. Amrit, V. Radakrishnan

Ce thème englobe trois problématiques, intercorrélées et étudiées en parallèle, et qui impliquent des transferts de chaleur à micro/nano échelle : la résistance thermique (dite *de Kapitza*) à l'interface entre cristal de Silicium et Hélium superfluide, la stabilité thermique des cavités supraconductrices des accélérateurs de particules, et la conduction thermique dans les nanofils.



L'étude expérimentale de la résistance de Kapitza est effectuée en collaboration avec l'IPNO (Orsay), avec l'aide de J.C. Poulin (ICMO, Orsay) pour la caractérisation de l'état de surface par microscopie à force atomique. Le dispositif expérimental (Figure à gauche et décrit dans le [Rapport d'Activité 2007](#)<sup>3</sup>) a permis de mesurer la résistance de Kapitza entre 0,4 et 2,17 K. C'est aussi une première. Ces mesures remarquables permettent enfin un début de compréhension du mécanisme de transferts à une interface à micro échelle. [Amrit et al., *J. Phys. : Conf. Series*, 2009]. Il apparaît que la nature sélective de la transmission de la chaleur dépend de la température (fréquence) et de la rugosité nanométrique de surface. (Amrit, 2010, *Phys. Rev. B*).

La stabilité thermique des cavités supraconductrices des accélérateurs de particules est étudiée de longue date en collaboration avec le CEA/Saclay/Irfu (C.Z. Antoine). Nos mesures de la résistance de Kapitza à l'interface entre Niobium et <sup>4</sup>He superfluide constituent aujourd'hui un « benchmark » pour les concepteurs des accélérateurs de particules. Mais nous avons aussi mis en évidence l'existence d'une résistance de Kapitza aux joints de grains de Niobium polycristallin, nous en avons mesuré la valeur et nous avons établi sa dépendance à la température. De plus, à l'aide d'une simulation numérique tenant compte de l'épaisseur de la paroi, de la taille et de la densité des grains et de cette résistance de Kapitza entre grains, nous avons montré que la température peut devenir extrêmement inhomogène dans la paroi de la cavité, ce qui a mis en évidence pour la première fois que la stabilité thermomagnétique des cavités supraconductrices dépend de la taille des grains du niobium polycristallin [Amrit et al., *Adv. Cryo. Eng.*, 2008]. La tendance actuelle est donc de fabriquer les cavités supraconductrices en Niobium monocristallin. Le *Fermi National Accelerator Laboratory*, Illinois USA,



Evidence d'une transition dans la transmission

<sup>3</sup> [http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:Pag\\_5](http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:Pag_5)

fabrique des lingots de Niobium monocristallin de 20-30 cm de diamètre ; nous avons pu nous procurer quelques échantillons, et avons commencé les premières caractérisations (état de surface, composition chimique de la surface, densité de dislocations, et même orientation cristallographique par rétrodiffusion d'électrons Rappelons grâce à Th. Baudin -Laboratoire Physico-Chimie de l'Etat Solide, Orsay). Voir [Amrit et al., *Phys. Rev. Special Topics: Accel. & Beams*, 2010].

L'étude de la conduction thermique dans les nanofils et des quanta de conductance est plus récente et s'effectue dans le cadre de la Fédération Transfert Masse et Chaleur en collaboration avec S. Volz (Laboratoire EM2C, *École Centrale Paris*) et F. Parrain (*IEF*, Orsay), et avec V. Radakrishnan (post-doctorant pendant un an au LIMSI sur financement du PRES UniversSud). Dans ces systèmes, la chaleur est essentiellement transportée par les phonons (ondes élastiques du réseau cristallin) mais lorsque le nanofil est métallique le rôle des électrons n'est pas négligeable. Basée sur une approche est à la fois théorique, numérique et expérimentale notre hypothèse est que la résistance se trouve principalement entre le nanofil (qui est objet quasiment 1D) et son substrat 3D. Ce sujet est évidemment très actif internationalement.

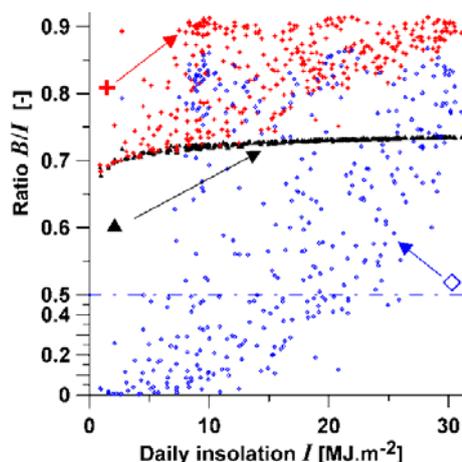
## Thème Transferts convectifs appliqués

M. Pons, M. Firdaouss

Ce thème est en complète restructuration depuis les deux dernières années. En conséquence, des travaux sur la *Thermodynamique des systèmes* et sur les *Transferts en milieux poreux* ont été publiés récemment, alors que l'étude des transferts convectifs appliqués, en particulier pour l'habitat ne fait que débiter.

Vis-à-vis du second principe, les procédés solaires, et plus généralement tous les systèmes ayant une interaction forte avec l'ambiante, dont le bâtiment, opposaient à l'analyse des difficultés méthodologiques. Deux questions n'avaient pas encore de réponse satisfaisante dans la littérature : 1/ quelle est l'exergie contenue dans le rayonnement solaire tel qu'il parvient en un lieu donné ? 2/ Quelle température de référence prendre pour l'analyse exergetique ? Ces deux questions sont cruciales pour analyser des installations solaires, comme les systèmes de climatisation testés dans le projet ANR-PREBAT ORASOL.

Si l'exergie du rayonnement solaire hors-atmosphère était bien établie [R. Petela, 1964], aucune méthode satisfaisante ne permettait d'évaluer l'exergie du rayonnement incident tel qu'habituellement mesuré sur les installations solaires (direct et diffus, voire global seulement). La solution consistait à traiter additivement le direct et le diffus, chacun dans son angle solide. L'analyse a été appliquée à des données fournies par des partenaires du projet (PROMES, et LPBS). La figure ci-contre montre l'exergie (intégrée sur chaque jour de l'année) contenue dans le rayonnement solaire total (+), global (▲) et direct seul (◇) à Odeillo. La différence entre l'exergie totale + et l'exergie globale ▲ (resp. directe ◇) montre la perte d'exergie résultant du seul choix du mode de captation, capteurs plans (resp. à concentration). Les données recueillies à La Réunion se distribuent autrement dans ce diagramme.



Le choix de la référence pour définir l'exergie devient aussi un point dur lorsqu'il s'agit d'analyser un système fonctionnant dans un environnement qui par essence fluctue (alternances jour-nuit et des saisons). Ce problème était complètement ignoré de la communauté thermodynamique. Suivant une approche rationnelle, nous avons pu sortir de l'*a priori* posant que l'exergie de l'air ambiant est toujours nulle. Nous trouvons ainsi une référence qui, premièrement fait sens en termes d'irréversibilités, deuxièmement permet d'analyser des procédés incluant un stockage jour-nuit (par exemple la ventilation nocturne) voire inter-saisonnier (puits canadiens/provençaux). Ces travaux sur la thermodynamique en environnement solaire ont été présentés en conférence, en séminaires de l'Agence Internationale de l'Énergie (*Task-38*), et en revue.

Deux applications des transferts convectifs sont actuellement envisagées dans le groupe. La première consiste à simuler les transferts entre un fil chaud et un fluide en écoulement oscillant. De telles simulations devraient apporter des informations permettant de mieux interpréter les mesures de F. Jebali (voir ci-dessus). La seconde consiste à développer une méthode « multi-niveaux » avec en vue la simulation des écoulements d'air dans le bâtiment. En effet et à la fois pour des questions d'hygiène et d'énergie, il devient de plus en plus important de connaître, et donc simuler, les écoulements d'air dans les bâtiments. Un tel but ne pourra être atteint que par des calculs massivement parallèles, utilisant les concepts d'informatique distribuée ou de calculs sur GPU. Or, lorsque le problème met en jeu de nombreux couplages et sur des

échelles d'espace très différentes (tel est le cas dans le bâtiment), la convergence des algorithmes de décomposition de domaine devient très lente. Rajouter un calcul à un niveau supérieur, à la fois « grossier » (très sous-résolu) et incluant les couplages, permettrait à un algorithme de décomposition de domaines d'être dirigé plus rapidement vers la convergence entre sous-domaines. Nous avons commencé les travaux sur ce thème à l'automne 2009 ; chemin faisant il est apparu que dans la résolution de Navier-Stokes par différences finies et avec décomposition de domaine le raccord entre les champs de pression calculés indépendamment soulève une vraie difficulté. Certains auteurs de la littérature avancent l'idée qu'une résolution « multi-niveaux » pourrait lever ce verrou. Dans ce cas aussi, la recherche sur une application rejoint une question d'ordre fondamental.

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Jairaj	Amrit	Ens-Ch	MC HdR	U-PSud	1
Diana	Baltean	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Gérard	Defresne	Ens-Ch	Pr.Agrégé	U-PSud	1
Marie-Christine	Duluc	Ens-Ch	MC HdR	CNAM	1
François	Feuillebois	Ch	DR2	CNRS	1
Mouaouia	Firdaouss	Ens-Ch	MC Th E	UPMC	1
Maurice-Xavier	François	Ens-Ch	PREM	UPMC	1
Fathi	Jebali Jerbi	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Damir	Juric	Ch	CR1	CNRS	1
Smaïne	Kouidri	Ens-Ch	Pr2	UPMC	1
Michel	Pons	Ch	CR1 HdR	CNRS	1

### Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Nicolas	Perinet	SMAE	UPMC	01/10/2007
Richard	Paridaens	SMAE	UPMC	15/09/2009
Guillaume	Prigent	Physique Macro	U-PSud	01/10/2009

### Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Marx	Chhay	CDD

## Participation à des instances

- Participations aux *Comités de Sélection* de différents établissements : ENSEM Nancy Section 60 (M. Firdaouss), UPMC Section 60 (M. Pons, D. Baltean), UP-Sud Section 62 (J. Amrit), Univ. Paris-Est Marne-la-Vallée sections 30-33 et 62 (M.-C. Duluc), Univ. Joseph Fourier Grenoble sections 60-62 (M.-C. Duluc).
- S. Kouidri a été membre des advisory committee de *4th International Symposium on Fluid Machinery and Fluid Engineering* et de *2010 International Conference on Pumps and Fans*.
- M. Pons est membre du Conseil Scientifique de la Société Française de Thermique, 2009-2010.
- M. Pons est membre du GAT-Bâtiment (au sein du programme Énergie du CNRS, les GAT sont chargés de mettre en évidence les thèmes de recherche prioritaires dans leurs domaines respectifs).

- M. Pons a été Président du Comité Scientifique de l'École thématique SIMUREX (Conception optimisée du bâtiment par la SIMulation et le Retour d'EXpérience) pour l'édition 2010.
- M. Pons a été membre du Comité Scientifique de l'École thématique OCET (Optimisation et Contrôle des Écoulements et Transferts) pour l'édition 2009.

## Enseignement et diffusion des connaissances

- V. Bourdin donne un cours sur l'Énergie solaire thermique dans le module Énergies alternatives du M2 de Mécanique physique de l'Université Paris-Sud à l'attention des étudiants des parcours Rayonnement et énergie, Énergie et environnement, et Modélisation en mécanique des fluides.
- M.-C. Duluc donne un cours sur Convection-ébullition en Master 2 Ingénierie Physique des Energies, Univ. Paris Diderot (9 h / an)
- F. Feuillebois donne un cours sur Suspensions et milieux diphasiques en Master 2 de Mécanique, UPMC (30 h / an).
- F. Feuillebois donne un cours sur la Modélisation des propriétés moyennes des milieux hétérogènes aléatoires en Master d'Ingénierie Mathématique à l'École Polytechnique de Tunisie (20 h / an).
- S. Koudri donne un cours sur Aéroacoustique Bruit Environnement, et 40% du cours sur Aérohydrodynamique et efficacité des turbomachines en Master 2 de Science de l'Ingénieur Spécialité Énergétique et Environnement, UPMC.

## Organisation de colloques

- D. Baltean-Carlès et S. Koudri ont formé avec C. Weisman, I. Delbende, P. Le Quéré (LIMSI, groupe CORO), S. Pageau-Maurice et V. Ronflé le comité d'organisation de la première édition de l'École thématique Thermoacoustique, 30 mai-4 juin 2010, Roscoff (13 cours, 3 séminaires, env. 30 participants).
- M. Pons a participé à l'organisation de la première édition de l'École thématique SIMUREX (Conception Optimisée du bâtiment par la SIMulation et le Retour d'EXpérience), 18-24 avril 2010, Cargèse. (15 cours, 12 séminaires, env. 90 participants).
- M. Pons a co-organisé avec F. Lusseyran (LIMSI, groupe AERO) la Journée de Dynamique des Fluides sur le Plateau, 6 novembre 2009, Orsay (34 présentations, env. 50 participants, site web <http://www.limsi.fr/Individu/semmeca/JDFP/>).
- M. Pons a participé au comité d'organisation de l'École thématique OCET (Optimisation et Contrôle des Écoulements et Transferts) pour sa deuxième édition, 1er-6 février 2009, Roscoff (14 cours, 3 séminaires, env. 40 participants).

## Organisation de séminaires

- M. Pons est co-responsable avec L. Mathelin (LIMSI, groupe AERO) de l'organisation du Séminaire de Mécanique d'Orsay (LIMSI – FAST, environ un séminaire par semaine).

## Édition

- En 2009, F. Feuillebois est avec A. Sellier (LadHyX) l'éditeur de Theoretical Methods for Micro Scale Viscous Flows, Transworld Research Network Publ., sous presse.

## Interventions dans des écoles thématiques et participations à séminaires

- D. Baltean-Carlès, Ph. Debesse, F. Lusseyran, MX François, Méthodologie d'analyse par SVD appliquée aux champs PIV dans un système thermoacoustique, Journées 2009 du GdR Thermoacoustique, LEA, Poitiers, 4-5 mai 2009.
- C. Weisman, D. Baltean-Carlès, O. Hireche, K. Sadjavi, P. Le Quéré, Modèle Faible Mach et simulations numériques 2D de l'amplification d'onde thermoacoustique, Journée de Dynamique des Fluides sur le Plateau, Orsay, 6 Novembre 2009.
- D. Baltean-Carlès a assuré la démonstration du pilote de thermoacoustique, à l'école thématique de Thermoacoustique, Roscoff, 30 mai-4 juin 2010.
- S. Koudri, Séminaire au Cryogenics Laboratory, Technical Institute of Physics and Chemistry, Chinese Academy of Sciences, 25 novembre 2008.
- S. Koudri, Écoulements redressés dans les systèmes thermoacoustiques à ondes progressives, 4ème Journée de la Fédération TM&C, 21 juin 2010, Laboratoire EM2C, École Centrale, Chatenay-Malabry.
- Pons M., Nouveaux développements sur l'exergie du flux solaire, Colloque IBPSA-PREBATHABISOL, 13-14 mars 2008, INES, Le Bourget-du-Lac.
- Pons M., Analyse exergétique et sources réelles - le cas de la climatisation solaire, Journée SFT Exergie : structuration et optimisation de systèmes, 20 mars 2008, ENSTA, Paris.
- Pons M., Les écoulements multi-cellulaires dans les cavités hautes, 3ème Journée de la Fédération TM&C, 8 juillet 2008, Laboratoire EM2C, École Centrale, Chatenay-Malabry.
- Pons M., The exergy of solar radiation at the Earth's surface, 5th Expert Meeting of International Energy Agency Task 38 (Solar Air-Conditioning and Refrigeration), 14 October 2008, INETI, Lisbon, Portugal.

- Pons M., To what refer exergy when ambient temperature fluctuates?, 6th Expert Meeting of International Energy Agency Task 38 (Solar Air-Conditioning and Refrigeration), 27 April 2009, Fraunhofer Institut, Freiburg, Germany.
- Pons M., Le benchmark ADNBATI, Séminaire du GAT Bâtiment, 31 août – 1er septembre 2009, LET, Poitiers.
- Pons M., L'approche second principe des procédés de réfrigération et de pompage de chaleur, à base d'hydrogène ou autres, 19 February 2010, Laboratoire LCMTR, Vitry-Thiais.
- Pons M., Le benchmark ADNBATI, Atelier de l'école thématique SIMUREX, 31 mai 2010, IES, Cargèse.
- Pons M., Le froid solaire, École d'été ENERSI (Energies Renouvelables et Systèmes Intelligents), 30 août - 3 sept. 2010, Polytech Annecy-Chambery, Le Bourget du Lac.

## Collaborations de recherche

### Nationales

- Collaboration de J. Amrit avec J.-P. Thermeau, équipe R&D Basses Températures, Division Accélérateur de l'IPNO (Orsay), sur la mesure de la résistance Kapitza (Si/He-superfluide) à très basse température
- Collaboration de J. Amrit avec C.-Z. Antoine, (CEA/DSM/IRFU, Gif sur Yvette) sur les transferts de chaleur entre cavités supraconductrices et hélium superfluide et sur la conductivité thermique des polycristaux.
- Participation de J. Amrit à l'axe Nanothermique de la Fédération de recherche Transferts de Masse et de Chaleur, collaboration avec S. Volz (EM2C, École Centrale Paris). Responsable scientifique du projet PresUniverSud n°2008-23 Thermique des Nanojonctions, avec EM2C/ECP (S. Volz) et IEF/Minasys/UP-Sud (F. Parrain et A. Bosseboeuf).
- Participation de J. Amrit au GdR Thermique des Nanosystèmes et Nanomatériaux (No 2503).
- Participation de D. Baltean-Carlès, F. Jebali et S. Koudri au GdR Thermoacoustique (No 3058, dirigé par Ph. Blanc-Benon) rassemblant le LMFA (Lyon), le LAUM (Le Mans), Pprime (ex-LEA, Poitiers), l'IPNO (Orsay), ainsi que le PHASE (Toulouse), le FEMTO (Besançon) et la société Hékyom (Orsay).
- Collaboration de D. Baltean-Carlès avec P. Duthil, IPNO, Orsay.
- Collaboration de F. Feuillebois avec Anne Mongruel, PMMH (CNRS-ESPCI).
- Collaboration de F. Feuillebois avec Antoine Sellier, LadHyX (CNRS-Ecole Polytechnique).
- Collaboration de F. Feuillebois avec Jeanne Malet, IRSN, Saclay. Une thèse co-dirigée avec Olivier Simonin (IMFT Toulouse) est supervisée à l'IRSN par J. Malet.
- Collaboration de M. Pons avec P. Joubert et P. Bourdoukan, LEPTIAB, Université La Rochelle, sur l'analyse second principe d'une installation expérimentale de climatisation solaire par cycle à roue dessiccante. Convention No 020990 du 9 août 2007.
- Participation de M. Pons au projet ANR-PREBAT ORASOL (2007-2001), projet piloté par F. Lucas (PIMENT ex-LPBS, St Pierre de la Réunion) avec l'INES (Chambéry), le LOCIE (Le Bourget du Lac), le PROMES (Perpignan), le LaTEP (Pau), TECSOL (Perpignan), et la CIAT (Culloz).

### Internationales

- D. Baltean-Carlès et C. Weisman (groupe CORO), collaborent avec L. Bauwens, Professeur à l'Université de Calgary (Canada).
- D. Baltean-Carlès et C. Weisman (groupe CORO), collaborent avec O. Hireche, LMA, Université d'Oran (Algérie), dans le cadre d'un projet Tassili.
- F. Feuillebois est responsable du PICS Interactions hydrodynamiques dans les suspensions, entre le CNRS et l'Académie des Sciences de Pologne (PAN), ainsi que le LadHyX (École Polytechnique) et l'Université de Varsovie. 2009-2011. Collègues polonais : Maria Ekiel-Jezewska, Elek Wajnryb (Acad. Sciences), B. Cichocki, P. Szymczak (Univ. Varsovie).
- F. Feuillebois participe au projet de coopération CNRS-Académie des Sciences de Bulgarie Congélation d'un film liquide en écoulement, application au givrage (responsable au LIMSI: Virginie Daru). Collègues bulgares : Sonia Tabakova, Stefan Radev. 2010-2011.
- Collaboration de F. Feuillebois avec le Laboratoire d'Ingénierie Mathématique, École Polytechnique de Tunisie. Collègue tunisien : Lassaad Elasmî. Deux thèses en cotutelle en cours sur les suspensions en écoulement à petit nombre de Reynolds.
- Collaboration de F. Feuillebois avec l'Institut de Physico-Chimie et Electrochimie, Académie des Sciences de Russie sur les Écoulements au voisinage de parois super-hydrophobes. Collègue russe : Olga Vinogradova.
- Collaboration de F. Feuillebois avec le MIT, Cambridge, USA sur les Écoulements au voisinage de parois avec glissement. Collègue américain : Martin Bazant.
- Collaboration de M. Firdaouss avec Mohammed Hasnaoui, professeur de l'Université de Marrakech (Maroc), invité pour un mois en 2010 par UPMC.

## Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
17/04/2007	17/01/2011	ORASOL	PREBAT	Collaboration de recherche	ANR	Lucas Franck	Pons Michel	45 320
09/08/2007	08/08/2010	Irréversibilités dessicantes	Autre	Collaboration de recherche	Université La Rochelle	Pons Michel	Pons Michel	0,00
01/01/2008	31/12/2008	BQR 2008	BQR	Collaboration de recherche	UPMC	Baltean Diana	Baltean Diana	15 000
11/02/2008	11/02/2009	PRES-2008	PRES	Collaboration de recherche	UniverSud Paris	Amrit Jairaj	Amrit Jairaj	50 000
12/12/2008	11/12/2009		Autre	Accord de secret	AQUA OMNES	Pons Michel	Pons Michel	0,00
01/01/2009	31/12/2009	ADN-BATI	Programme interdisciplinaire Energie	Collaboration de recherche	CNRS	Pons Michel	Pons Michel	7 500

## Production scientifique

### Thèses et HDR

1. Debesse, P. (2008). *Vers une mesure du vent thermoacoustique*. Doctorat, Université Paris 6/LIMSI: 228.
2. Duluc, M. C. (2009). Contribution à l'étude des transferts en écoulements avec et sans changement de phase. HDR, Université Paris 6/LIMSI

### Revues à comité de lecture

1. Amrit, J. (2010). "Impact of surface roughness temperature dependency on the thermal contact resistance between Si(111) and liquid 4He." *Physical Review B* **81**(5): 054303\_1-054303\_10.
2. Amrit, J. and C. Z. Antoine (2010). "Kapitza resistance cooling of single crystal (111) niobium for superconducting rf cavities." *Physical Review Special Topics - Accelerators and Beams* **13**(2): 023201\_1-023201\_8.
3. Amrit, J. and Q. Li (2008). "Simulation of the impact of the Kapitza resistance at grain-grain interfaces on niobium S.C. cavities." *Advances in Cryogenic Engineering*: 135-142.
4. Amrit, J. and J. P. Thermeau (2009). "Measurements of the Kapitza resistance between Silicon and Helium from 0.4 K to 2.1 K." *Journal of Physics Conference Series* **150**: 032002\_1-032002\_3.
5. Duluc, M. C., O. Le Maitre, V. Daru and P. Le Quéré (2009). "Numerical study of liquid inclusion oscillations inside a closed 1D microchannel filled with gas." *Microfluidics and Nanofluidics* **6**(2): 163-177.
6. Duluc, M. C., B. Stutz and M. Lallemand (2008). "Boiling incipience in liquid nitrogen induced by a step change in heat flux." *International Journal of Heat and Mass Transfer* **51**(7-8): 1738-1750.
7. Duluc, M. C., S. Xin, F. Lusseyran and P. Le Quéré (2008). "Numerical and experimental investigation of laminar free convection around a thin wire : long time scalings and assessment of numerical approach." *International Journal of Heat and Fluid Flow* **29**(4): 1125-1138.
8. Fedala, D., S. Koudri and R. Rey (2009). "Numerical study of time domain analogy applied to noise prediction from rotating blades." *Journal of Sound and Vibration* **321**(3-5): 662-679.
9. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean Carlès, P. Le Quéré, M. X. François and L. Bauwens (2010). "Numerical model of a thermoacoustic engine." *Comptes Rendus Mécanique* **338**(1): 18-23.
10. Hurault, J., S. Koudri, F. Bakir and R. Rey (2010). "Experimental and numerical study of the sweep effect on three-dimensional flow downstream of axial flow fans." *Flow Measurement and Instrumentation* **21**(2): 155-165.
11. Momen, G., G. Hermosilla, A. Michau, M. Pons, M. Firdaouss and K. Hassouni (2009). "Hydrogen storage in an activated carbon bed: effect of energy release on storage capacity of the tank." *International Journal of Hydrogen Energy* **34**(9): 3799 - 3809.
12. Momen, G., G. Hermosilla, A. Michau, M. Pons, M. Firdaouss, P. Marty and K. Hassouni (2009). "Experimental and numerical investigation of the thermal effects during hydrogen charging in packed bed storage tank." *International Journal of Heat and Mass Transfer* **52**(5-6): 1495-1503.

13. Osorio, M. R., A. Bétrancourt, M. X. François, J. A. Veira and F. Vidal (2008). "A superconducting fault current limiter integrated in the cold heat exchanger of a thermoacoustic refrigerator." *Superconductor Science and Technology* **21**(9): 095013\_1-095013\_7.
14. Périnet, N., D. Juric and L. S. Tuckerman (2009). "Numerical simulation of Faraday waves." *Journal of Fluid Mechanics* **635**: 1-26.
15. Pons, M. (2008). "Transition from single-to multi-cell natural convection of air in cavities with an aspect ratio of 20: a thermodynamic approach." *International Journal of Thermodynamics* **11**(2): 71-79.
16. Pons, M. (2009). "On the reference state for exergy when ambient temperature fluctuates." *International Journal of Thermodynamics* **12**(3): 113-121.
17. Rabe, C., J. Malet and F. Feuillebois (2010). "Experimental investigation of water droplet binary collisions and description of outcomes with a symmetric Weber number." *Physics of Fluids* **22**(4): 047101\_1-047101\_11.
18. Shin, S. and D. Juric (2009). "A hybrid interface method for three-dimensional multiphase flows based on front tracking and level set techniques." *International Journal for Numerical Methods in Fluids* **60**(7): 753-778.
19. Shin, S. and D. Juric (2009). "Simulation of droplet impact on a solid surface using the level contour reconstruction method." *Journal of Mechanical Science and Technology* **23**(9): 2434-2443.

### Conférences à comité de lecture

1. Baltean, D., P. Debesse, F. Lusseyran and M. X. François (2008). *PIV contribution for measuring acoustic and streaming flow in thermoacoustic systems, using phase average dynamics*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 3545. ??
2. Bétrancourt, A., T. Le Pollès, G. Defresne, D. Baltean, P. Duthil, J. P. Thermeau and M. X. François (2008). *Experimental validations of a new thermoacoustic simulation software CRISTA*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 23, ref 3707. Poster
3. Bétrancourt, A., T. Le Pollès, G. Defresne, D. Baltean, J. P. Thermeau and M. X. François (2008). *La réfrigération thermoacoustique à 200K*. SFT 2008. Congrès Français de Thermique "Thermique Aeronautique et Spatiale". 753-758
4. Daru, V., M. C. Duluc, O. Le Maître and P. Le Quéré (2008). *Numerical simulation of low Mach number liquid gas flows*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 6p
5. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *A numerical model for the simulation of low Mach number liquid-gas flows*. ISMF2009. The 6th International Symposium on Multiphase Flow, Heat Mass Transfer and Energy Conversion. MN-26\_1-MN-26\_6
6. Daru, V., M. C. Duluc, P. Le Quéré and D. Juric (2009). *Simulation numérique d'écoulements liquide-gaz en approximation bas Mach*. 19e Congrès Français de Mécanique. 6p
7. Feuillebois, F., A. Foissac, J. Malet, S. Mimouni and F. Feuillebois (2010). *Methods for the coupled Stokes-Darcy problem Binary water droplet collision study in presence of solid aerosols in air*. 2nd AmiTaNS. Second Conference of the Euro-American Consortium for Promoting the Application of Mathematics in Technical and Natural Sciences. 1
8. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean, L. Bauwens, M. X. François and P. Le Quéré (2008). *Numerical simulation of a thermoacoustic wave amplification*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 3708. Poster
9. Hireche, O., C. Weisman, D. Baltean, M. X. François, P. Le Quéré and L. Bauwens (2008). *Numerical model of a thermoacoustic engine*. Acoustics Week in Canada 2008. Annual Conference of the Canadian Acoustical Association. 2p
10. Hurault, J., S. Koudri, F. Bakir and R. Rey (2010). *Amiet formulation and semi-empirical models for trailing edge noise prediction in axial flow fans*. ASME-ATI-UIT 2010. Conference on Thermal and Environmental Issues in Energy Systems. 6p
11. Jebali, F., G. Huelsz, P. Lotton and S. Koudri (2010). *Quelques aspects liés aux différents niveaux de l'amplitude de vitesse acoustique mesurée par anémométrie fil chaud*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 6p
12. Koudri, S., F. Jebali and R. Paridaens (2010). *Nonlinear phenomena in thermoacoustic engines*. ASME-ATI-UIT 2010. Conference on Thermal and Environmental Issues in Energy Systems. 5p
13. Koudri, S., F. Jebali and R. Paridaens (2010). *Pression moyenne temporelle d'ordre deux dans les systèmes thermoacoustiques*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 5p
14. Lucas, F., F. Boudehenn, S. Amblard, J. Castaing-Lasvignottes, M. Pons, N. Le Pierres, D. Stitou and D. Mugnier (2008). *ORASOL : a French research program for solar cooling process optimization*. EUROSUN 2008. 1st International Conference on Solar Heating. 351\_1-351\_8
15. Périnet, N., D. Juric and L. S. Tuckerman (2009). *Simulation numérique des ondes de Faraday*. 19e Congrès Français de Mécanique. 5p
16. Périnet, N., D. Juric and L. S. Tuckerman (2009). *Simulation numérique des ondes de Faraday*. 12e Rencontre du Non-Linéaire. Paru dans : Comptes-rendus de la 12e Rencontre du Non-Linéaire, C. Josserand, M. Lefranc et C. Letellier, éditeurs, Non-Linéaire Publications, (2009). 161-166
17. Périnet, N., D. Juric and L. S. Tuckerman (2010). *A numerical study of Faraday waves*. ICMF 2010. 7th International Conference on Multiphase Flow. 12p
18. Pons, M. (2008). *Bases for second law analyses of solar-powered systems - Part 1: the exergy of solar radiation*. ECOS 2008. 21st International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation & Environmental Impact of Energy Systems. 139-146

19. Pons, M. (2008). *Bases for second law analyses of solar-powered systems - Part 2: the external temperature*. ECOS 2008. 21st International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation & Environmental Impact of Energy Systems. 147-154
20. Pons, M. (2008). *Exergie en environnement réel pour la climatisation solaire*. SFT 2008. Congrès Français de Thermique "Thermique Aeronautique et Spatiale". 789-794
21. Pons, M. (2008). *Méthode pour analyses exergétiques robustes d'installations solaires et de bâtiments*. IBPSA France 2008. International Building Performance Simulation Association Conference. 8p
22. Pons, M. (2009). *Les routes vers l'équilibre en convection naturelle - le travail des forces de pression*. SFT 2009. Congrès Français de Thermique 2009 Paru dans : Actes SFT 2009, B. Bourouga, B. Garnier, P. Glouannec, P. Le Masson, et P. Salignac Ed., Pub. SFT-Paris France, 2009. 75-80
23. Weisman, C., D. Baltean Carlès, P. Le Quéré and L. Bauwens (2010). *Modèle faible Mach et simulations numériques 2D de l'amplification d'onde thermoacoustique*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 6p
24. Weisman, C., D. Baltean Carlès, P. Le Quéré and L. Bauwens (2010). *Numerical study of thermoacoustic wave amplification*. ECCOMAS CFD 2010. V European Conference on Computational Fluid Dynamics. 9p
25. Weisman, C., D. Baltean, P. Duthil and P. Le Quéré (2008). *Natural convection in a stack of horizontal plates in a differentially heated cavity*. ISTP 19. The 19th International Symposium on Transport Phenomena. 203\_1-203\_8
26. Xie, X. J., T. Le Pollès, A. Bétrancourt and M. X. François (2008). *Acoustic impedance of RLC load modulation on a two stages cascade thermoacoustic engine*. ICCR'2008. Fourth International Conference on Cryogenics and Refrigeration. 5p

#### Congrès sans actes, workshops

27. Amrit, J. and J. P. Thermeau (2008). *Measurements of the Kapitza resistance between Silicon and Helium from 0.4 K to 2.1 K*. 25th International Conference on Low Temperature Physics, 7-13 august 2008, Amsterdam.

JEAN-LUC GAUVAIN

## Introduction

Les recherches du Groupe Traitement du Langage Parlé portent sur la modélisation de la parole et son traitement automatique, recherches par essence pluridisciplinaires. Elles nécessitent en effet des compétences en traitement du signal, en acoustique, en phonétique, en linguistique, en statistique et en algorithmique. Le besoin de confronter nos modèles aux données nous amène à développer des systèmes de traitement du langage parlé assurant des fonctions variées telles que la reconnaissance de la parole ; l'identification de la langue, du locuteur et de son état émotionnel ; la structuration de documents audio et audiovisuels ; la traduction de la parole, ainsi que le dialogue oral homme-machine.

Pour extraire et structurer l'information présente dans un document audio, nous développons des modèles et des algorithmes fondés sur la prise en compte conjointe des diverses sources d'information visant à un processus global de décodage du signal, qu'il s'agisse d'identifier le locuteur, la langue parlée, de transcrire la parole, ou de la traduire.

La reconnaissance de la parole consiste à transcrire le signal audio en texte. Suivant l'usage visé, cette transcription peut être plus ou moins complète, avec l'identification des ponctuations, des hésitations et d'événements paralinguistiques tels une respiration ou un rire. La langue dans laquelle s'exprime le locuteur peut être identifiée en amont du système de reconnaissance, lorsque celle-ci n'est pas connue a priori. La reconnaissance du locuteur consiste à déterminer qui parle et quand, cette identification peut être absolue ou relative au document traité.

## Présentation de la recherche

Nos travaux sur les modélisations acoustique, lexicale et linguistique, sont réalisés dans un contexte multilingue et s'appuient sur de grands corpus oraux représentatifs de nombreux domaines applicatifs. Dans ce cadre nous développons des méthodes d'apprentissage qui nous permettent d'exploiter au mieux ces données tout en limitant les besoins en annotations manuelles. Ces corpus servent bien sûr à l'élaboration de modèles statistiques, mais ils sont aussi exploités pour effectuer des recherches en linguistique de corpus oraux. Ainsi grâce aux outils d'alignement et de transcription, les études acoustico-phonétiques peuvent être effectuées sur des milliers d'heures de parole et permettent de mieux valider les hypothèses et modèles.

En ce qui concerne le dialogue oral homme-machine, un axe de recherche innovant est la conception de systèmes interactifs de recherche d'informations en domaine ouvert, tel que notre plateforme Ritel développée en collaboration avec le groupe ILES. Cette plateforme repose sur une analyse robuste de la langue se concentrant sur les "informations utiles" tout en prenant en compte les erreurs commises par les traitements amont.

En ce qui concerne la caractérisation du locuteur, nous nous intéressons en particulier au problème de suivi du locuteur dans des flux audiovisuels. Nous avons montré que la transcription de la parole améliore significativement les résultats d'une part en factorisant les sources de variabilités acoustique et linguistique et d'autre part en identifiant les noms des intervenants dans les transcriptions.

L'identification des émotions repose principalement sur l'extraction d'indices acoustiques et prosodiques, et sur la détection d'événements paralinguistiques, mais le contenu linguistique dépend également de l'état émotionnel du locuteur.

Concernant nos recherches sur la traduction automatique, nous avons développé une approche originale dans laquelle les modèles de réordonnement et de traduction sont découplés, ce qui permet en particulier de traiter directement des graphes de mots issus d'un système de transcription et donc de faciliter la traduction de la parole.

En complément à ces recherches, trois activités accompagnent et soutiennent nos travaux : le développement de bases de données et des outils et conventions d'annotation associés ; l'évaluation des modèles et systèmes ; et la valorisation des résultats dans le cadre de contrats avec l'industrie et dans des projets nationaux et européens.

Grâce au programme Quaero, ainsi qu'aux nombreux autres projets de recherche, les moyens humains et matériels du groupe ont augmenté significativement ces deux dernières années. Nous avons en particulier considérablement développé nos activités sur la traduction, la caractérisation des émotions, les systèmes de questions-réponses, et l'annotation et l'analyse de très grands corpus multilingues. Le programme Quaero a notamment permis le recrutement d'une vingtaine de personnels CDD pour les travaux d'annotation de corpus effectués dans le cadre du programme Quaero.

Nous avons une longue tradition d'évaluation continue de nos travaux avec en particulier la participation depuis 1992 à 26 campagnes d'évaluation organisées par le Nist aux USA pour les technologies du traitement de la parole, ainsi qu'aux principales évaluations organisées en France et en Europe. Dans la période 2008-2010, nous avons pris part à 6 évaluations sur la reconnaissance de la parole (GALE'08 et '09, NBEST'08, ESTER'09, Quaero'08 et '09), 4 évaluations sur la reconnaissance du locuteur (NIST SRE'08, SRE'10, Quaero'08 et '09), une évaluation sur la reconnaissance des langues (NIST LRE'09), 6 évaluations sur la traduction (WMT'08, '09 et '10, NIST'09, Quaero'08 et '09), et 3 évaluations de systèmes de questions-réponses (Qast'08 et '09, Quaero'09).

A côté de ses activités de recherche, le groupe assure divers cours sur le traitement de la parole, en particulier dans les enseignements de Master recherche et Master pro de l'université Paris Sud 11, ainsi qu'à Telecom ParisTech.

Nos moyens informatiques sont importants et sont renouvelés régulièrement pour prendre en compte des besoins toujours croissants liés au développement et à l'évaluation des modèles statistiques. Nous disposons de 4 grappes de calcul comprenant au total 296 processeurs multi-coeurs avec environ 200 tera-octets de disques RAID.

Les recherches du groupe sont structurées en six thèmes interdépendants : *Caractérisation du locuteur* (thème 1), *Parole et émotion* (thème 2), *Caractérisation des langues et linguistique de corpus oraux* (thème 3), *Analyse robuste de la langue parlée* (thème 4), *Modèles de langage, apprentissage et traduction* (thème 5) et *Transcription et indexation de documents audio* (thème 6).

## Thème Caractérisation du locuteur

*C. Barras, M. Ferràs, J.L. Gauvain, L. Lamel, V.B. Le, C.C. Leung, J. Luo, J.L. Rouas, V.A. Tra*

Un locuteur peut être caractérisé par le timbre de sa voix, sa prosodie (mélodie, rythme, énergie), son accent, une manière particulière de prononcer certains mots mais aussi de tousser ou de rire, et par l'utilisation plus fréquente d'expressions particulières.

Dans les systèmes de reconnaissance du locuteur à l'état de l'art, un élément essentiel est la modélisation du spectre acoustique à court terme par mélange de Gaussiennes (GMM) ou par machine à vecteur support (SVM). Afin d'obtenir une estimation robuste des modèles des locuteurs à reconnaître même lorsque la quantité de données d'apprentissage est réduite, les modèles sont en général obtenus par adaptation d'un même modèle générique. Cette modélisation rend compte principalement du timbre, et une bonne intégration des autres sources d'information reste un sujet de recherche largement ouvert. Nous avons participé depuis 2002 à toutes les évaluations organisées par NIST en reconnaissance et vérification du locuteur sur des enregistrements de parole téléphonique (cellulaire ou fixe) ou des enregistrements de conversations par microphone distant ou de proximité. Nous avons ainsi étudié l'adaptation non-supervisée d'un système de vérification du locuteur pour lui faire suivre les évolutions de la voix ou la normalisation des paramètres acoustiques et des scores de vraisemblance des locuteurs, car la robustesse aux changements du canal acoustique reste un problème majeur. Nous avons proposé une nouvelle modélisation du locuteur basée sur les matrices de transformation CMLLR (Constrained Maximum Likelihood Linear Regression). Cette modélisation ne nécessite pas l'utilisation d'un système de transcription automatique à grand vocabulaire à la différence de l'approche existante par matrice MLLR. Nous avons aussi montré que l'approche MLLR est beaucoup plus efficace lorsqu'elle est associée à une modélisation et une normalisation acoustique spécifique à la caractérisation du locuteur. L'ensemble des études sur les performances des systèmes fondés sur les matrices de transformation MLLR et CMLLR ont d'ailleurs donné lieu à une thèse soutenue en 2009. Nous travaillons enfin sur la modélisation de l'information prosodique, qui apporte une information complémentaire à l'analyse du timbre à court terme et permet d'améliorer la reconnaissance du locuteur grâce à la combinaison de différents systèmes.

Une application typique de la reconnaissance du locuteur est la vérification d'identité pour le contrôle d'accès local (à la porte d'un bâtiment) ou à distance (par exemple pour la consultation de comptes bancaires via un serveur vocal). Mais la caractérisation du locuteur est aussi un composant essentiel pour les systèmes de transcription automatique et d'indexation de documents audiovisuels. La segmentation d'un document en unités acoustiquement homogènes puis le regroupement automatique de ces segments par

similarité de voix permet, lors de la transcription automatique, de traiter séparément les segments provenant de chaque locuteur. L'adaptation non supervisée des modèles acoustiques à la voix des différents locuteurs améliore alors significativement la qualité de la reconnaissance. Pour l'indexation de ces documents et leur présentation pour une lecture aisée, la structuration en tours de parole du flux de mots résultants de la reconnaissance permet de rendre le document plus intelligible. Notre approche pour la structuration automatique en tours de parole combine une classification par le critère d'information bayésienne (BIC) et une re-classification avec des modèles de locuteurs plus complexes. Elle a montré avoir les meilleures performances depuis 2004 dans les évaluations conduites par le NIST et dans les campagnes francophones ESTER sur des émissions de radio ou télévision en anglais et en français. Cette approche a aussi été appliquée à des enregistrements de réunions et d'exposés et testée lors d'évaluations conjointes du projet européen CHIL et du NIST. Dans le cadre du projet QUAERO et en collaboration avec des partenaires applicatifs (Exalead, Yacast), nous combinons la structuration automatique en tours de parole avec la reconnaissance de locuteurs connus pour obtenir des systèmes de suivi de locuteur dans des flux audiovisuels, aussi bien pour des émissions d'information que pour des talk shows beaucoup plus interactifs. Nous avons enfin commencé à étudier le problème de la parole superposée, qui est fréquente en parole spontanée. La simple détection de la parole superposée est en soi un problème non trivial, pour lequel nous développons des méthodes basées sur l'analyse de la fréquence fondamentale en collaboration avec des chercheurs d'autres groupes du LIMSI.

L'approche purement acoustique pour le découpage en tours de parole laisse de côté des informations importantes présentes dans le contenu linguistique des émissions. Dans les émissions de télévision et encore plus à la radio, les intervenants sont presque toujours introduits par le présentateur de l'émission. Nous avons étudié la structure de ces émissions, et mis en évidence des patrons caractéristiques ; par exemple le journaliste qui présente l'intervenant suivant ou remercie l'intervenant précédent, ou encore le reporter qui s'identifie lui-même. Nous avons montré l'efficacité de ces patrons linguistiques sur des transcriptions automatiques. De plus, l'identification du locuteur se fait alors de manière absolue, et non pas de manière relative comme dans l'approche purement acoustique. Il est donc possible d'identifier le nom des principaux locuteurs. Au-delà de l'identification du locuteur, l'analyse linguistique permet aussi de déterminer son rôle dans l'émission (journaliste principal, reporter, invité) et ainsi de structurer de manière encore plus précise le document.

## Thème Parole et émotion

*L. Devillers, C. Chastagnol, A. Delaborde, M. Tahon, C. Vaudable, M. Brendel, R. Zaccarrel, B. Schuller, C. Benoit, V. Mouilleron, N. Rollet*

L'interaction orale est d'une grande richesse pour exprimer les nuances du discours et les émotions des interlocuteurs. L'étude de la communication vocale des émotions est un champ de recherche fondamental émergent : « Peut-on détecter dans la voix un état émotionnel ? Quels sont les indices associés aux émotions dans les manifestations de l'oral spontané ? Comment les indices vocaux sont-ils liés aux indices multimodaux présents dans les données audiovisuelles ? ». Le traitement automatique des émotions par des machines est un domaine qui mobilise de multiples disciplines : psychologie, neurosciences, sciences du langage verbal et non verbal et modélisation informatique.

Les recherches menées au LIMSI sur ce thème à partir de 2003 ont été parmi les premières sur la détection d'émotions à partir de données spontanées, collectées dans des contextes naturels (par exemple dans un centre d'appels médical d'urgence). Ces recherches ouvrent également un large champ d'application : centre d'appel, robotique, application médicale, recherche indexée par le contenu émotionnel, interaction avec un agent animé, détection de stress dans des situations à risque.

Nos objectifs de recherche se déclinent autour :

- d'une part de l'étude des émotions : perception humaine, représentation et modélisation de l'expression des signaux émotionnels multimodaux à partir de données authentiques en prenant en compte la variabilité des signaux entre locuteurs suivant leur âge, leur sexe et à plus long terme leur langue et culture,
- et d'autre part de l'amélioration des technologies utilisées dans les systèmes d'interaction Homme-Machine (agent conversationnel, avatar, robot) pour construire des systèmes « intelligents affectivement ».

Sous-jacents à ces objectifs, sont présents les thèmes fondamentaux de l'intelligence artificielle et de la reconnaissance des formes : l'apprentissage automatique par des machines, l'extraction d'indices dans le signal caractéristiques des émotions.

L'émotion est définie comme un phénomène empirique, généralement transitoire et d'une certaine intensité qui se manifeste par des indices dans la voix, par la physionomie (visage, gestes, etc.) et par des changements physiologiques. Le terme « émotion » est utilisé ici au sens large et inclut les états affectifs et les attitudes exprimés par les sujets. Nos travaux s'appuient sur des théories en psychologie, neurophysiologie et en linguistique. Dans les contextes d'émergence naturelle, les émotions sont rarement exprimées à l'état primaire. Nous avons montré que dans les interactions naturelles les émotions sont souvent combinées entre elles et pondérées par les règles d'interactions sociales et de politesse. Un de nos objectifs de recherche est de définir une représentation de ces manifestations émotionnelles complexes en contexte. Annoter les émotions présentes dans les données naturelles est un des aspects complexes que nous étudions en proposant des schémas et protocoles d'annotation ainsi que des procédures de validation des annotations par des mesures de cohérence intra et inter annotateurs et des tests perceptifs. Nous avons proposé un schéma de codage original pour représenter les émotions mélangées : chaque unité émotionnelle (unité stable sur une émotion simple ou combinée pouvant être plus petite qu'un tour de parole) est annotée par une combinaison d'étiquettes verbales (pour pouvoir représenter les émotions mixtes), de dimensions abstraites et de certaines dimensions d'« appraisal ». Nous avons par ailleurs participé à l'élaboration d'un standard d'annotation avec le W3C. Nous animons pour la troisième fois (2006, 2008, 2010) un workshop satellite de la conférence LREC sur l'annotation des émotions et affects.

Les indices que nous étudions pour caractériser les émotions sont principalement les indices vocaux de types prosodiques, acoustiques (positions et énergie des formants, cepstres, etc.), de qualité vocale, de disfluences (rupture de rythme, d'hésitations, de silences, d'allongements syllabiques) et également les indices non verbaux comme les rires, pleurs, toux, respirations, souffles, etc. Une des problématiques de ces analyses est liée à la difficulté de représenter le phénomène et d'isoler les facteurs qui en sont responsables. En effet, les manifestations des émotions sont dépendantes de la personnalité, de l'état d'esprit des individus, de leur état de santé, de leurs buts et également des contextes d'émergence. Un locuteur peut exprimer ses états émotionnels par le timbre de sa voix, par sa prosodie, mais aussi par les rythmies présents au niveau acoustique (hésitation, silence) ou au niveau lexical (répétition, mots tronqués), ou encore par des marqueurs affectifs tels qu'un rire, un raclement de gorge, un gémissement, un souffle, ou encore par l'utilisation plus fréquente d'expressions connotées émotionnellement voire de mots familiers. Nous travaillons sur de nombreux corpus avec des voix d'enfants, adultes, personnes âgées et avec des voix pathologiques. L'étude des variabilités liées à l'âge, au sexe et à certaines pathologies pour différentes émotions sont en cours. Des premiers travaux sont effectués sur la détection des émotions à partir d'indices multimodaux (oraux et faciaux).

Dans l'oral spontané, les comportements émotionnels sont également dépendants du contenu linguistique et du contexte d'émergence. Le niveau linguistique (lexique, syntaxe, sémantique, dialogue) est porteur de beaucoup d'indices sur le comportement émotionnel. Le contexte comme par exemple le rôle de la personne dans le dialogue, l'événement ou la situation source d'émotion sont autant de facteurs pour caractériser les émotions. Identifier les émotions indiquant des troubles dans la communication peut être un moyen d'améliorer les systèmes de Dialogue Homme-Machine ou de détecter des situations anormales dans un système de télésurveillance. Dans le premier cas, l'identification des émotions peut permettre de suivre l'évolution des interactions, de modifier dynamiquement les stratégies dialogiques et donc de contribuer au succès de la communication. Un de nos buts est de réaliser un modèle de détection automatique des émotions à partir d'indices linguistiques (lexicaux et sémantiques) et paralinguistiques. Différentes approches pour l'identification des émotions sont étudiées principalement les SVMs (Support Vector Machine), les arbres de décisions pour les indices paralinguistiques et des GMMs (HMMs) pour les indices linguistiques. Ces travaux sont en cours notamment dans le cadre du projet du pôle de compétitivité Cap Digital FUI Voxfactory dont le but est de qualifier des dialogues téléphoniques agent-client.

L'identification d'émotions en temps réel (à partir d'un signal de courte durée) a été étudiée dans le but de piloter l'expressivité gestuelle et faciale d'un avatar à partir d'indices extraits des stimuli audio. Ce projet d'un Avatar Affectif (2007-2010) nous a permis de mettre en oeuvre un prototype temps réel.

Nos recherches sont menées principalement sur des corpus de données naturelles comme des dialogues réels enregistrés dans des centres d'appels sur différents thèmes : transactions boursières, banques, service médical et sur des dialogues de réclamations. Ces dialogues couvrent une large palette de manifestations conversationnelles possibles en termes de sujet, contexte, caractéristiques des locuteurs, ainsi qu'un grand nombre de manifestations émotionnelles différentes. Nous travaillons sur des modèles cross-corpus pour améliorer les performances des modèles à partir de données émotionnelles annotées en contexte. Les premiers résultats montrent un gain à hybrider certains corpus. Nous travaillons à élaborer des mesures de dissemblances entre les émotions présentes dans les différents corpus.

Enfin, la modélisation de raisonnement à partir des émotions détectées pour déclencher des comportements émotionnels utiles lors d'interactions avec une machine sont en cours. Les travaux menés portent sur des interactions avec des avatars, des robots humanoïdes (projet du pôle de compétitivité Cap Digital FUI Romeo) et des robots de service non humanoïdes comme des plateformes mobiles munies d'un bras mécanique, d'un œil (caméra) d'une oreille (micro) et d'un visage (écran) (Projet ANR ARMEN).

Nous avons participé aux campagnes d'évaluation des modèles de détection des émotions organisées dans le cadre du réseau d'excellence HUMAINE sur les données AIBO de l'université d'Erlangen. Nous avons montré l'intérêt de combiner un grand nombre de types d'indices pour mettre en oeuvre des systèmes de détection des émotions performants sur des données spontanées, c'est-à-dire extrêmement variables. Nos résultats sur des données spontanées sont au niveau de l'état de l'art. Nous participons actuellement à l'élaboration de nouvelles campagnes d'évaluation sur des tâches de plus en plus complexes avec des partenaires de plusieurs universités allemandes et américaines (Challenge Interspeech 2010). Nous animons également le thème « Parole et Emotion » au niveau international en collaboration avec l'Université de Munich à travers l'association HUMAINE qui découle du Réseau d'excellence HUMAINE (2004-2008) : proposition de workshop, challenge d'évaluation et également des numéros spéciaux dans des journaux comme « Computer Speech and Language ».

Le thème est également présent dans un axe de recherche de Securiteo (thème du RTRA DIGITEO) sur les systèmes pour la sécurité des biens et des personnes. Cet axe de recherche, que nous animons, regroupe des chercheurs du CEA, de Supélec, de l'INRIA et du LIMSI.

Ces travaux posent des problèmes d'éthiques évidents : l'utilisation de données privées, l'intrusion de robots (compagnons, services, etc.) ou plus généralement d'interface homme-machine dans notre vie de tous les jours dans la société. Nous participons aux réflexions autour de l'éthique notamment dans le cadre du projet Romeo qui intègre une commission sociétale et dans le cadre de la commission éthique et robotique du syndicat français SYROBO de la robotique grand public (<http://www.roboethique.org/>).

## Thème Caractérisation des langues et linguistique de corpus oraux

*M. Adda-Decker, P. Boula de Mareuil, G. Adda, M. BenZeghiba, E. Bilinski, O. Galibert, J.L. Gauvain, J.J. Gangolf, L. Lamel, J. Mariani, R. Nemoto, T. Pellegrini, S. Rosset, N. Snoeren, I. Vasilescu, B. Vieru-Dimulescu, C. Woehrling.*

Ce thème est centré autour de la diversité des langues et la variation à l'intérieur de ces langues. L'aspect novateur et fédérateur des travaux consiste à étudier les langues parlées en explorant de grands corpus multistyles et multilingues, grâce à des instruments issus du traitement automatique de la parole. Le but de ces travaux est double : augmenter nos connaissances sur les langues parlées et contribuer à une modélisation plus riche dans le domaine du traitement automatique de la parole. L'analyse des erreurs de transcription automatique permet de pointer sur des problèmes de modélisation, révèle souvent des phénomènes de variation majeurs et contribue à inspirer nos directions de recherche.

Les travaux du thème visent également à promouvoir les nouvelles technologies issues des recherches en traitement automatique de la parole, comme instruments d'analyse en phonétique et en phonologie. Dans ce but nous avons mis en place des collaborations et échanges avec des laboratoires de linguistique et de psycholinguistiques au niveau national (LPP Paris 3, LPL Aix-en-Provence, ERSS Toulouse, Modyco Paris 10) et européen (Univ. de Nijmegen, Univ. du Luxembourg).

Les systèmes de transcription automatique permettent de produire des corpus oraux annotés en quantités potentiellement illimitées ; ils peuvent être explorés afin d'étudier des phénomènes précis, comme la réalisation des voyelles mi-ouvertes, de la liaison, du schwa, de l'assimilation de voisement en français, ou d'éclairer des questions d'ordre général, comme par exemple la  $f_0$  intrinsèque des voyelles et leurs formants, ou les hésitations vocaliques à travers les langues. Le programme Quaero sur l'accès à l'information multilingue et multimédia fournit un cadre particulièrement favorable pour notre programme de recherches. L'utilisation de grandes quantités de données permet ainsi de décliner les analyses suivant différents axes de variabilité. Outre le changement diachronique, la littérature linguistique distingue quatre dimensions suivant lesquelles peut se déployer la variation : diaphasique (« stylistique », intra-locuteur), diamésique (de médium oral/écrit notamment), diatopique (régionale) et diastratique (socio-culturelle). L'étude des erreurs de transcription automatique contribue à identifier des phénomènes de variation majeurs. Ainsi, la variation diaphasique peut entraîner des variantes en production concernant des mots et groupes de mots, avec des prononciations pouvant dévier fortement d'une prononciation canonique (e.g. « le problème de la recherche » prononcé approximativement comme « le pro'èm d'la r'cherche »). Ce phénomène de variantes réduites, particulièrement sensible en parole spontanée, pose de vrais défis à la reconnaissance automatique de la parole et met en cause la représentation phonologique adoptée pour la modélisation acoustique des

mots. À partir de ces constats, nous avons d'abord développé des réflexions méthodologiques sur l'alignement automatique, incluant les aspects de segmentation et d'étiquetage afin de pouvoir aboutir à des mesures acoustiques comme les formants et la fréquence fondamentale fiables. En parallèle, nous avons mis en place des paradigmes perceptifs dont l'objectif est de comparer erreurs automatiques et perceptives dans des conditions expérimentales similaires. Les travaux en cours se concentrent sur les erreurs liées aux mots courts sur des données journalistiques en français et en anglais. Le double éclairage, incluant mesures acoustiques et tests perceptifs, devra contribuer à augmenter nos connaissances sur les langues parlées et la modélisation de leurs variations.

En collaboration avec le Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP) de l'Université Paris 3, nous avons pu vérifier, grâce à l'utilisation d'alignements provenant de différents systèmes de divers laboratoires, l'indépendance par rapport aux systèmes, de mesures moyennes comme les formants et la fréquence fondamentale. Ceci renforce la validité des résultats obtenus via les instruments d'alignement et de détection de formants automatiques. Ainsi l'effet centripète des formants en fonction d'une durée vocalique décroissante a pu être mis en évidence et vérifié. Ce travail a été suivi d'une étude à grande échelle sur l'assimilation de voisement en français, en nous appuyant sur une centaine d'heures de parole journalistique. Les résultats confirment une assimilation régressive dont l'importance varie avec la durée et l'identité des consonnes en contact. Le phénomène semble catégoriel plutôt que gradient. Une légère tendance à l'assimilation progressive est constatée, en particulier pour les contacts consonantiques non-voisés / voisés.

Dans le cadre du RTRA-Digiteo, le projet Amadeo, en collaboration avec le CEA-LIST, vise à exploiter les grandes masses de données orales, afin d'améliorer la modélisation prosodique de la parole. Une thèse en cours est ainsi dédiée à l'étude de phénomènes acoustico-prosodiques fins comme la démarcation lexicale et la discrimination de mots (quasi)-homophones (e.g. "et", "est").

De nombreuses recherches impliquent le corpus « Phonologie du Français Contemporain » (PFC), qui fait référence en phonologie de corpus, avec comme objectif d'améliorer les modélisations des parlers régionaux et, au-delà, de faciliter un grand nombre d'études aux différents partenaires, en mettant à disposition les alignements automatiques d'une vingtaine de points d'enquête dans l'espace francophone. Nos études sur le corpus PFC ont porté essentiellement sur la variation diatopique (régionale) en français. Les dialectologues s'intéressant davantage aux dialectes traditionnels qu'aux parlers régionaux, nous sommes encore mal renseignés sur les différences phonétiques entre les diverses formes du français. Des caractéristiques segmentales du Nord et du Sud de la France ont été mises en évidence, de même que des indices prosodiques (accentuation initiale ou allongement de l'avant-dernière syllabe) pour la Suisse romande et la Belgique. Au regard de la réalisation des voyelles orales et nasales, nous avons étudié l'influence de la région, de l'âge et du sexe des locuteurs, du type de parole (lu et spontané), de la fréquence des mots et du contexte phonémique. Tous ces résultats devront porter leurs fruits lors de la transcription automatique de parlers régionaux, qui reste un verrou à lever en traitement de la parole. Un thèse a été soutenue, sur la caractérisation et modélisation des accents régionaux (C. *Woehrling*, Univ. Paris-Sud 11, 2009). Cette thèse fait suite à une première thèse sur la caractérisation de six accents étrangers en français combinant tests perceptifs, alignements automatiques, mesures acoustiques et fouilles de données et pour laquelle un corpus spécifique a été conçu et enregistré (B. *Vieru-Dimulescu*, Univ. Paris-Sud 11, 2008).

Dans le cadre d'une collaboration avec l'Université de Nimègue, nous avons contribué à la mise au point d'un corpus de conversations spontanées familières en situation de face-à-face (audio et video). Ce corpus permet des recherches innovantes combinant les modalités audio et video, en particulier pour la gestion des tours de parole, les back-channels et les disfluences (phénomènes peu modélisés dans les systèmes de transcription automatique). Pour ce corpus un dossier de valorisation a été déposé (DIP 02921) et il sera prochainement distribué par ELDA. Il permettra d'étudier la variation de l'oral en interaction et d'évaluer les modèles de la langue sur ses spécificités : énoncés incomplets, chevauchements de parole, gestion de tours de parole...

Les technologies de l'information et de la communication jouent un rôle croissant dans de nombreux secteurs de la vie économique, politique et sociétale. Pour l'information véhiculée via la langue, les technologies en question doivent être adaptées à chaque langue. Or le traitement automatique des diverses langues parlées dépend des connaissances et des ressources disponibles pour la langue en question. Trois axes importants concernent donc : (i) la mise en oeuvre de méthodes et algorithmes génériques (indépendants de l'identité de la langue traitée). (ii) la production assistée de nouvelles connaissances (système phonémique, lexicale, grammaticale) sur les langues orales peu documentées ; (iii) la production assistée des ressources linguistiques (oral/écrit, dictionnaires) ;

Les travaux engagés sur les modèles acoustiques multilingues, permettent de gagner en généralité pour le niveau acoustique à travers les langues. Des recherches effectuées et en cours concernent la portabilité à

des langues peu dotées, avec comme cadre d'application l'amharic (soutenance de thèse, *Thomas Pellegrini*, Univ. Paris-Sud 11, 2008) et plus récemment la langue luxembourgeoise (bourse post-doctorale du FNR Luxembourg attribuée à Natalie Snoeren). Cette langue présente deux aspects novateurs pour les recherches en transcription automatique : (i) langue orale avec faible contrepartie écrite (or, l'écrit via l'orthographe et la syntaxe agit de manière générale comme cadre normatif éliminant une partie de la variation) : (ii) la situation géopolitique du Luxembourg reflète au niveau de sa langue parlée de fortes proportions de mots d'emprunts (en particulier français) et une propension à changer de langue (code-switching et code-mixing).

Les instruments issus du traitement automatique de la parole, permettent à de nombreux champs de la linguistique de s'enraciner davantage dans les sciences expérimentales. Des études comparatives à grande échelle sur un grand nombre de langues et de variétés régionales et stylistiques nous permettra d'envisager des progrès concernant les connaissances et la modélisation de l'oral, ainsi que des applications à base de l'oral multilingue.

## Thème Analyse robuste de la langue parlée

*S. Rosset, G. Adda, M. Adda-Decker, G. Bernard, E. Bilinski, N. Foucault, O. Galibert, J.J. Gangolf, A. Garcia-Fernandez, L. Lamel, D. Tribout, I. Vasilescu.*

Les activités principales de ce thème ont pour motivation l'analyse de la langue (notamment orale) pour des systèmes de recherche d'informations en domaine ouvert et interactifs. Cette finalité impose une recherche de robustesse à tout type d'entrées, qu'il s'agisse de parole préparée, spontanée, de discours ou encore de textes écrits journalistiques ou issus du Web. En ce qui concerne la parole, celle-ci peut être transcrite manuellement (supposée sans erreur) ou automatiquement (potentiellement avec des erreurs). Les textes écrits peuvent être relativement normés et exempts d'erreur (des textes journalistiques) ou des textes issus d'un système de reconnaissance de caractères (textes anciens OCRisés par exemple) ou encore des documents du Web avec tout ce que cela implique en terme de formes et de formats (formats HTML desquels on doit extraire des textes), variabilité d'encodage non seulement d'un document à l'autre mais aussi dans un même document, et surtout des styles d'écriture très variés (des pages encyclopédiques aux forums).

Nous considérons d'une part que l'ensemble des systèmes d'analyse doivent pouvoir s'appliquer sur l'ensemble des types de documents que nous avons à traiter et d'autre part que deux aspects sont à différencier : la normalisation d'un côté et l'analyse à proprement parler de l'autre, cette deuxième étape devant s'appuyer sur la première.

La normalisation consiste selon nous à tenter de ramener les documents, quels qu'ils soient, à une même forme de représentation, à une même forme de surface. Pour se faire, la segmentation en mots ou en phrase doit être la même, la capitalisation doit suivre les mêmes règles etc. Nous nous appuyons pour cela sur les travaux réalisés dans le groupe depuis de très nombreuses années notamment pour le développement de modèles de langage.

Plutôt que de nous attacher à des niveaux d'analyse particuliers (comme la syntaxe, la morphologie, les parties du discours ou la sémantique), nous avons proposé une analyse de la langue qui s'appuie sur la notion d'informations pertinentes. Notre objectif n'est donc pas de procéder à des analyses syntaxiques ou sémantiques profondes mais de détecter et structurer des éléments a priori pertinents pour une application donnée. Ceci conduit à considérer que le but d'une analyse est avant tout d'extraire les *informations utiles* des textes ou de la parole transcrite. C'est une notion volontairement floue, car elle met souvent en jeu des concepts difficiles à définir formellement (sens, intention, besoin, importance...). Dans cette optique nous avons une définition d'analyse en Entités Nommées Étendues adaptées à des tâches de dialogue en domaine ouvert et de recherche d'informations précises qui est intégrée dans tous nos systèmes, en particulier ceux soumis aux campagnes d'évaluations (ESTER-2 Entités Nommées ou encore *Question-Answering on speech transcripts* en 2007, 2008 et 2009).

Dans le cadre du programme Quaero, nous avons proposé, en collaboration avec Pierre Zweigenbaum et Cyril Grouin du groupe ILES, une nouvelle définition des Entités Nommées Étendues. Nous nous sommes attachés à structurer les niveaux d'informations à l'intérieur de segments représentant des entités étendues. Cette définition repose sur deux niveaux : d'une part les types d'entités et leur sous-types et d'autre part les composants d'entités dont certains peuvent être transverses (ils se retrouvent dans différents types et sous-types) et d'autres spécifiques à un type donné.

Nos modèles s'appuient sur des connaissances linguistiques et/ou lexicales (dictionnaires généraux, dictionnaires spécifiques), et des définitions de contexte positifs et négatifs (acquis le plus souvent automatiquement à l'aide de méthodes fondées sur l'étude des collocs). Les systèmes eux-mêmes prennent différentes formes : systèmes à base de règles (utilisant le moteur d'analyse Wmatch que nous

avons développé), systèmes purement stochastiques, par exemple à base de *Conditional Random Field* (CRF) ou *Memory Based Learning* (MBL) ou encore systèmes mixtes qui soit effectuent une partie de l'analyse avec des modèles stochastiques et une autre avec des règles, soit utilisent des sorties d'un analyseur à base de règles pour apprendre des modèles de type CRF ou MBL.

Tous ces systèmes ont pour caractéristiques majeures de détecter et typer des groupes de mots. Mais aucun d'entre eux ne permet d'effectuer des rattachements entre ces groupes. Or pouvoir détecter des relations de dépendance entre groupes de mots est utile notamment pour la recherche d'informations précises ou pour la compréhension dans le cadre d'un dialogue en domaine ouvert. Nous travaillons donc à un modèle de calcul dynamique de rattachements entre constituants.

Par ailleurs, nous essayons de prendre en compte dans nos systèmes les différents types d'erreurs produites par les systèmes de reconnaissance qui interviennent en amont. Ainsi les erreurs les plus fréquentes se produisant sur des mots qui sont soit constitutifs d'une entité pertinente soit de son contexte d'instanciation, sont intégrées dans les analyseurs.

Tous ces systèmes ont été mis en oeuvre et validés dans le cadre de nos participations aux campagnes internationales d'évaluation *Question-Answering on Speech transcripts* et ont obtenu les meilleurs résultats, toutes tâches (parole spontanée et semi-préparée) et toutes langues (français, anglais et espagnol) confondues. Par ailleurs, nous avons appliqué notre approche en développant un système pour le français et pour des données particulièrement dégradées : documents de type "presse ancienne" (début 20ème siècle) pré-traités par un système de reconnaissance de caractères (OCR). Nous avons participé aux évaluations internes du programme Quaero pour la détection d'entités nommées sur ces données. Ce système a obtenu les meilleurs résultats également. Enfin tous ces systèmes sont totalement intégrés dans notre plateforme Ritel pour la recherche d'information interactive en domaine ouvert.

## Thème Modèles de langage, apprentissage et traduction

*F. Yvon, G. Adda, T. Aluminae, A. Allauzen, J.M. Crego, E. Didiot, I. Durgar El-Khalout, J.-L. Gauvain, S. Gahbiche-Braham, T. Lavergne, Hai Son Le, H. Maynard, I. Oparin, A. Seck, N. Tomeh, G. Wisniewski.*

Ce thème est consacré à l'étude des algorithmes d'apprentissage statistique avec comme application exclusive le traitement automatique des langues et en particulier la modélisation statistique du langage et la traduction automatique.

Le domaine est traversé d'une triple tension : d'une part l'expansion remarquable des corpus disponibles, de leur diversité en genre et en langues et de leur taille pour les domaines et langues les mieux couverts ; d'autre part la multiplication des ressources et outils linguistiques disponibles : analyseurs morpho-syntaxiques ou syntaxiques, lexiques et réseaux sémantiques etc ; enfin le dynamisme du champ de l'apprentissage automatique et la diffusion rapide de nouveaux outils statistiques jusqu'ici confinés aux communautés de statisticiens.

Si les progrès technologiques réalisés à ce jour s'expliquent principalement par l'accroissement des ressources disponibles, il semble acquis, comme c'est déjà le cas pour les langues, domaines et registres pour lesquels les données restent lacunaires, que la principale source de progrès potentiel repose sur une meilleure collaboration des méthodes linguistiques et statistiques. L'activité conduite au sein du thème essaye de préserver un équilibre entre d'une part les préoccupations liées au passage à l'échelle et d'autre part, celles qui sont liées à l'intégration d'outils linguistiques.

### Modèles de langage

Le modèle de langage permet d'intégrer dans les systèmes de transcription et de traduction une mesure de la pertinence lexicale, syntaxique et sémantique des mots et des phrases qui peuvent être produits. Les modèles de l'état de l'art sont principalement des modèles statistiques de type  $n$ -grammes à repli. Ces modèles posent des problèmes particuliers d'apprentissage et d'adaptation, principalement parce que les données d'apprentissage sont hétérogènes en taille, nature et qualité.

Nous avons mené de longue date des travaux sur l'utilisation de modèles neuronaux comme moyen de mieux estimer, dans un espace continu, la probabilité des séquences de mots. Cette recherche a conduit à des gains significatifs, que ce soit en transcription de la parole ou en traduction. Cependant l'apprentissage de tels modèles pour des tâches importantes reste lourd, et le passage à l'échelle pour les tailles de corpus actuellement disponibles est difficile. Nous avons introduit un nouveau schéma d'initialisation ainsi qu'une méthode originale d'apprentissage, qui permet de réduire drastiquement le temps de calcul, tout en améliorant significativement les résultats. L'utilisation des arbres de décision, et en particulier des collections (*random forest*) constitue une alternative dans la littérature à l'approche neuronale pour améliorer

l'estimation des probabilités des séquences ; en particulier cette approche permet d'incorporer différentes sources d'informations dans le modèle de langage, et l'utilisation d'une collection d'arbres permet de surpasser les problèmes de minima locaux. Les expériences menées sur le Mandarin, sur les données Gale 2009, ont permis d'obtenir un modèle qui, une fois interpolés avec un modèle 4-gramme classique conduisait à une réduction mineure de 3% relatif de la perplexité.

L'adaptation des modèles de langage est un domaine particulièrement actif. En effet les différentes applications que nous développons nécessitent d'adapter le lexique de façon à tenir compte de mots nouveaux, et d'adapter le modèle à un thème donné ou à une époque donnée. En ce qui concerne le lexique, nous nous focalisons sur les mots hors vocabulaires correspondant à des entités nommées ainsi qu'à la manière de pouvoir générer une prononciation correcte. En ce qui concerne les modèles de langage, plusieurs approches ont été menées.

Une première approche utilise la technique LSA (*Latent Semantic Analysis*) qui permet d'extraire et de représenter la similarité des mots et des documents), et une segmentation automatique en thèmes utilisant les distributions unigrammes des thèmes. Cette méthode, testée sur les données de l'évaluation ESTER, et les données du journal *Le Monde* pour créer le modèle LSA n'a pas permis de montrer de réduction significative de taux d'erreur de mots. Une deuxième approche utilisant une segmentation en thèmes par HMM fondée sur un apprentissage utilisant un petit corpus de thèmes prédéfinis annotés à la main a été appliquée sur les mêmes données ESTER ; en utilisant 21 thèmes prédéfinis on a réussi à réduire la perplexité de 11% sans pour autant réduire significativement le taux d'erreur. Ces deux premières méthodes ont le défaut d'utiliser un même corpus pour apprendre le modèle de base et pour faire l'adaptation. Il semble nécessaire pour améliorer les résultats de reconnaissance d'utiliser des données supplémentaires pour effectuer l'adaptation. Une étude portant sur les données de l'évaluation ESTER 2, utilisant des données contemporaines pour adapter chaque émission, à la fois au niveau de l'unigramme et du 4-gramme, en choisissant les textes d'adaptation dans une base externe (ici Google News France) dans une fenêtre de 14 jours autour de la date de l'émission, et qui permettent de réduire significativement la perplexité, a permis de réduire le taux d'erreur de mots de 2% relatif.

Un autre travail, plus théorique s'intéresse à l'utilisation de modèles probabilistes de thèmes (*topic models*) dans un contexte de segmentation automatique de documents, en particulier de documents audio/vidéos. Nous y montrons que les propositions récentes pour modéliser les segments (notamment le modèle d'allocation Dirichlet Latente, LDA) permettent d'obtenir, modulo les algorithmes idoines, des performances qui surpassent l'état de l'art.

Enfin, un travail original, propose une utilisation nouvelle pour les n-grammes de mots : le filtrage de textes artificiels qui sont forgés manière malintentionnée pour flouer les moteurs de recherche sur le Web. Notre critère agrège un ensemble de mesures d'entropie ; en utilisant les n-grammes de Google, nous dérivons un filtre efficace du spam web.

## Apprentissage

Nous avons concentré l'essentiel de nos efforts sur l'étude des modèles exponentiels, en particulier les champs aléatoires markoviens *Conditional Random Fields*. Notre principale contribution a été l'étude et le développement d'algorithmes d'estimation permettant de fournir des modèles parcimonieux, qui accélèrent l'estimation et permettent de traiter des problèmes plusieurs ordres de grandeurs plus gros que ceux étudiés dans la littérature, et ainsi améliorer l'état de l'art sur plusieurs tâches d'analyse linguistique. L'ensemble de ces techniques est intégré dans un logiciel distribué sous licence libre. Ce travail a été développé en collaboration avec Télécom ParisTech dans le cadre du projet ANR Crotal.

## Traduction statistique

Durant ces deux années, nous nous sommes attachés à consolider les acquis du laboratoire en traduction statistique et à faire reconnaître la place du LIMSI dans un contexte international extrêmement compétitif. Dans l'optique de développer nos propres outils de traduction automatique, nous avons été conduits à travailler sur les différents composants des systèmes de traduction automatique, depuis l'apprentissage de modèles d'alignements jusqu'au décodage proprement dit ; ce qui a également impliqué de travailler sur les outils linguistiques qui sont connexes à la traduction.

Concernant l'alignement, nos travaux ont principalement porté sur le développement de modèles d'alignements de mots discriminants. La procédure standard pour construire ces alignements à partir de corpus parallèles alignés phrase à phrase consiste à entraîner de manière non-supervisée les modèles génératifs classiques, une procédure qui est à la fois très longue et qui produit des alignements très bruités. L'enjeu est donc double : réduire le temps de traitement pour pouvoir aligner des Giga-corpus parallèles et améliorer les modèles de traduction. L'amélioration des résultats montre l'intérêt de disposer de *données de*

*supervision*, sous la forme d'alignements de références. En utilisant un petit nombre d'exemples annotés des modèles d'apprentissage discriminants, il est possible d'augmenter la précision des alignements de mots réalisés. Ces travaux se poursuivent pour mieux comprendre la relation entre la qualité des alignements et la qualité des modèles de traduction.

Les systèmes de traduction statistique échouent à traduire les mots ou les groupes de mots inconnus, ce qui est particulièrement problématique lorsque l'on a affaire à des documents rédigés dans des langues de spécialité. Nous avons cherché à aborder ce problème en utilisant des techniques *d'apprentissage par analogie* pour traduire des termes dans le domaine biomédical. Nous avons d'une part réussi à montrer, en proposant diverses améliorations des algorithmes de résolution d'analogie, que cette approche était viable, et d'autre part qu'elle conduisait à des résultats surpassant ceux des systèmes de traduction classiques. Un troisième résultat remarquable aura été de démontrer que la traduction par analogie fournissait des résultats très stables, y compris lorsque l'on considère des paires de langues très éloignées.

Les systèmes statistiques développés au LIMSI utilisent une variante de l'approche à base de segments (*phrase-based*) qui constitue aujourd'hui l'état de l'art. La principale différence avec les approches conventionnelles, telles qu'elles sont mises en oeuvre, par exemple, dans la boîte à outil Moses<sup>4</sup>, est le découplage entre réordonnement et traduction. Dans l'approche par *n*-grams, l'espace de recherche contenant les réordonnements possibles de la source est engendré avant la recherche de la meilleure traduction possible, qui est elle effectuée de façon monotone et prend appui sur des modèles *n*-grams d'unités bilingues, appelées *tuples*. Dans cette approche, les modèles de traduction sont donc des modèles de langue conventionnels, à ceci près que les unités manipulées sont des paires (bilingues) de séquences de taille variable. L'intérêt de cette démarche est multiple : elle permet d'une part de capitaliser presque directement les résultats obtenus en modélisation statistique du langage ; elle permet d'autre part de clairement dissocier les problématiques liées à la génération de l'espace de recherche à ceux de son parcours efficace.

Les travaux menés sur la traduction à base de *n*-gramme ont conduit à adapter, sur des unités bilingues, des techniques développées sur des unités monolingues (adaptation par interpolation de plusieurs modèles de traduction, utilisation de modèles factorisés, intégrant des connaissances linguistiques, pour améliorer le lissage, etc). La simplicité du décodage que notre approche met en oeuvre nous a également permis d'intégrer de nouveaux modèles auxiliaires pour guider le choix de la meilleure traduction : modèles de réordonnement lexicalisés, modèles de réordonnement morpho-syntaxiques, modèles obtenus par passage par une langue pivot pour aider la désambiguïsation lexicale... Ce système a été utilisé lors des différentes campagnes internationales d'évaluation auxquelles nous avons participé, souvent avec succès, en particulier les cycles d'évaluations WMT, qui portent sur des langues européennes<sup>5</sup>, ainsi que l'évaluation organisée en 2009 par le NIST américain sur la traduction arabe-anglais<sup>6</sup>.

Les systèmes de traduction statistique s'appuient sur des modèles décrivant les relations entre des séquences de mots dans (au moins) deux langues. Pour améliorer ces modèles, et faciliter leur estimation, il est indispensable de prendre en compte la structure interne des lexiques (la morphologie), d'intégrer les contraintes (syntaxiques) portant sur les arrangements possibles de ces mots, et d'utiliser les ressources (sémantiques) explicitant les relations de sens entre mots ou groupes de mots. Les modèles à base de *n*-grammes intègrent déjà une partie de ces informations (en particulier la morphosyntaxe) ; d'autres travaux, conduits en particulier en collaboration avec le groupe ILES, visent à améliorer l'intégration d'informations de nature morphologique, syntaxique (dépendances) ou sémantique (synonymes, paraphrases). Ce travail est systématisé dans le cadre du développement d'un prototype industriel de traduction de l'arabe, qui intègre de multiples couches d'annotations linguistiques dont peut bénéficier la traduction automatique.

## Thème Transcription et indexation de documents audio

*L. Lamel, G. Adda, M. Adda-Decker, C. Barras, E. Bilinski, E. Didiot, P. Fousek, T. Fraga Da Silva, O. Galibert, J.L. Gauvain, J.J. Gangolf, P. Karanasou, J. Kolar, V.B. Le, J. Luo, S. Meng, I. Oparin*

L'un des principaux objectifs de ce thème concerne la transcription de la parole et la structuration automatique de documents audio, qu'il s'agisse d'émissions d'information (documents contemporains ou documents d'archive), d'audio sur l'Internet (news, podcasts), de séminaires, de débats, de réunions, ou de conversations. L'augmentation du nombre de médias audiovisuels induit un besoin croissant de techniques de traitement automatique des flux de données audio. Les méthodes actuelles sont en grande partie manuelles, des documentalistes devant lire, écouter, regarder, annoter par thèmes et identifier les éléments

<sup>4</sup> <http://www.statmt.org/moses>

<sup>5</sup> <http://www.statmt.org/WMT>

<sup>6</sup> <http://www.itl.nist.gov/iad/mig//tests/mt/2009/>

d'intérêt. L'automatisation de certaines de ces activités est nécessaire pour généraliser l'accès par le contenu à ces documents. Parmi les applications existantes qui peuvent bénéficier de ces nouvelles technologies, on trouve l'indexation de bibliothèques numériques multimédia et la pige des médias audiovisuels, ainsi que quelques applications émergentes comme la diffusion sélective d'information et l'accès à l'audiovisuel diffusé sur Internet. L'indexation de données audio offre un accès direct aux séquences audiovisuelles recherchées, réduisant ainsi le temps nécessaire pour identifier les enregistrements dans de grandes bases de données multimédia ou dans des flux audiovisuels.

Chaque type de document pose des problèmes spécifiques. Par exemple, les documents radio ou télédiffusés contiennent des segments de diverses natures acoustiques et linguistiques avec des transitions rapides ou graduelles. Ces conditions nous amènent à segmenter (automatiquement) le flux audio afin d'adapter les modèles à la nature des données (locuteur, bande passante, niveau et type de bruit, langue, musique, sujet...). Cette segmentation constitue en outre un premier niveau de structuration du document.

Pour la transcription de la parole, notre but est de développer des modèles pour la parole spontanée qui soient robustes aux variabilités acoustiques et linguistiques, et indépendants du locuteur et des applications. Les modèles mis en jeu doivent rendre compte de la grande variabilité acoustico-phonétique et linguistique (prise de son, environnement, transmission, type de voix, vitesse d'élocution, accent, style de langage...) et en particulier les phénomènes propres à la parole spontanée (hésitations, respirations, reprises, syntaxe de l'oral). Ce travail est effectué dans un cadre multilingue (ahmarique, anglais, allemand, arabe, espagnol, finnois, français, grec, mandarin, polonais, portugais, russe), qui nous permet de valider la généralité des modèles. La transcription automatique de documents d'information (par exemple un journal télévisé) peut être aujourd'hui réalisée en temps-réel (une heure d'audio requiert une heure de traitement) en utilisant un seul processeur avec un taux d'erreur sur les mots inférieur à 15%.

La transcription de la parole conversationnelle est une tâche plus difficile que la transcription d'émissions d'information, la difficulté étant due principalement au caractère spontané de la parole conversationnelle. L'adaptation des modèles développés pour la parole observée dans les émissions d'information ne permet pas d'obtenir un niveau de performance satisfaisant, même après réestimation des paramètres des modèles sur des données conversationnelles. Il a donc été nécessaire d'améliorer significativement nos modèles acoustico-phonétiques et linguistiques.

Les innovations récentes qui ont permis de réduire significativement les taux d'erreur de transcription concernent essentiellement les techniques d'adaptation non supervisée, le développement de techniques d'apprentissage adaptatif et discriminant, une meilleure modélisation des matrices de covariance des modèles markoviens, une technique de décodage par consensus, la probabilisation des prononciations, l'utilisation de plusieurs jeux de phonèmes et la combinaison de systèmes.

Avec les très grands corpus de parole utilisés aujourd'hui pour le développement des systèmes de reconnaissance (quelques centaines à quelques milliers d'heures), nous étudions des méthodes peu supervisées pour l'estimation des paramètres des modèles acoustiques afin de minimiser les coûts. L'idée principale est d'utiliser un système de reconnaissance préexistant afin de transcrire des données d'apprentissage. Les modèles acoustiques obtenus utilisant cette procédure, qui peut être initialisée en utilisant des modèles acoustiques appris sur très peu (moins qu'une heure) de données transcrites manuellement, s'avèrent être très performants.

Un domaine d'intérêt croissant concerne l'usage de réseaux de neurones pour réaliser une analyse acoustico-phonémique discriminante de la parole. Cette approche permet de prendre en compte un contexte beaucoup plus large (de l'ordre de 0.5s) que l'analyse classique fondée sur une analyse spectrale à court terme (30ms). Nous utilisons des réseaux de neurones de type "bottleneck" qui permettent d'estimer des indices acoustiques compatibles avec les distributions GMM des modèles markoviens cachés tout en maximisant les probabilités des états des ces mêmes modèles. Nous avons montré que cette modélisation permet de réduire significativement les taux d'erreurs lorsqu'elle est combinée à l'analyse spectrale à court terme.

Dans les modèles cepstraux traditionnels la prosodie n'est pas modélisée de manière explicite. Pour les langues tonales comme le mandarin chinois, nous avons incorporé dans nos modèles des paramètres prosodiques dérivés de l'estimation de la fréquence fondamentale après interpolation pour les segments non voisés. L'adjonction de ces paramètres prosodiques permet de réduire le taux d'erreur d'environ 10% pour le mandarin. Aujourd'hui nous avons généralisé cette modélisation à l'ensemble des langues traitées. Les gains sont plus limités pour les langues non tonales mais significatifs pour l'espagnol, le français et le russe.

En ce qui concerne nos projets collaboratifs, le projet européen VITAL vise à développer des services pour les personnes âgées afin de leur faciliter l'accès à l'information et d'améliorer leur qualité de la vie.

Dans ce contexte, nous avons travaillé à l'amélioration des systèmes de reconnaissance vocale pour l'anglais britannique et le castillan, ainsi qu'au développement d'une technique d'alignement pour l'Audiobook afin de synchroniser l'affichage du texte et la lecture audio.

Nous participons au programme DARPA GALE (Global Autonomous Language Exploitation)<sup>7</sup> en collaboration avec BBN et l'Université de Cambridge. L'objectif est de développer des outils pour traiter automatiquement et analyser d'énormes quantités de données diffusées sur les médias dans plusieurs langues, de manière à les rendre accessibles à des analystes ne parlant pas ces langues. Dans ce cadre, nous contribuons aux travaux de recherche sur la transcription de parole pour le mandarin et l'arabe.

Dans le cadre du programme Quaero, nous coordonnons les travaux sur le traitement de la parole et le transfert des technologies de la parole vers les projets applicatifs du programme. Les autres contributeurs aux travaux de recherche sur la parole sont l'Université de Aix-la-Chapelle (RWTH), l'Université de Karlsruhe (KIT), et la société Vecsys Research. Dans ce contexte nous continuons l'élaboration de grands corpus annotés qui sont utilisés pour la construction des modèles et pour l'évaluation des systèmes dans 11 langues. Des campagnes d'évaluations sont organisées annuellement pour mesurer les progrès. A ce jour des systèmes de transcription ont été mis en oeuvre pour l'anglais, le français, l'allemand, l'espagnol, le russe, le polonais, et le grec. Ces travaux sont effectués en étroite collaboration avec nos partenaires et nous amènent à organiser 2 à 3 ateliers par an.

Quelques exemples de transferts technologiques réussis dans le cadre de Quaero sont la plateforme Voxlead News de la société Exalead, le lecteur video HD de France 24, et le nouveaux site Web de l'Élysée lancée en mars 2010. Toutes ces applications reposent sur les résultats des travaux de recherche du laboratoire et les développements de la société Vecsys Research. L'application VoxleadNews a été retenue comme finaliste du Multimedia Grand Challenge catégorie Video Segmentation organisé par l'ACM Multimedia 2009, la plus grande conférence scientifique dédiée aux contenus multimédia (Pékin, octobre 2009).

Nous participons régulièrement à des défis internationaux pour évaluer les résultats de nos travaux. En collaboration avec Vecsys Research, nous avons participé en 2008 au défi NBEST pour la transcription d'émissions d'information et de conversations téléphoniques en Néerlandais et en Flamand. En 2009, nous avons participé au défi Technolanguage ESTER2 pour la transcription d'émissions d'information en français. Lors de ces deux campagnes d'évaluations nous avons obtenu les meilleurs résultats avec une marge significative.

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Gilles	Adda	ITA	IR1	CNRS	1
Martine	Adda-Decker	Ch	DR2	CNRS	1
Alexandre	Allauzen	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Claude	Barras	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Eric	Bilinski	ITA	IE2	CNRS	1
Philippe	Boula De Mareüil	Ch	CR1	CNRS	1
Laurence	Devillers	Ens-Ch	MC HdR	U-PSud	1
Jean-Jacques	Gangolf	ITA	IR1	CNRS	1
Jean-Luc	Gauvain	Ch	DR1	CNRS	1
Lori	Lamel	Ch	DR2	CNRS	1
Joseph-Jean	Mariani	Ch	DRCE	CNRS	1
Hélène	Maynard	Ens-Ch	MC HdR	U-PSud	1
Sophie	Rosset	Ch	CR1 HdR	CNRS	1
Jean-Luc	Rouas	Ch	CR2	CNRS	1

<sup>7</sup> <http://www.darpa.mil/ipto/programs/gale/gale.asp>

Ioana	Vasilescu	Ch	CR1	CNRS	1
Guillaume	Wisniewski	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
François	Yvon	Ens-Ch	Pr2	U-PSud	1

## Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Rena	Nemoto	Informatique	U-PSud	01/10/2007
Guillaume	Bernard	Informatique	U-PSud	01/10/2007
Nadi	Tomeh	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Christophe	Vaudable	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Marie	Tahon	Informatique	U-PSud	03/02/2009
Thiago Henrique	Fraga Da Silva	Informatique	U-PSud	01/07/2009
Panagiota	Karanosou	Informatique	U-PSud	01/09/2009
Agnès	Delaborde	Informatique	U-PSud	04/09/2009
Hai Son	Le	Informatique	U-PSud	01/10/2009
Nicolas	Foucault	Informatique	U-PSud	01/10/2009
Souhir	Gahbiche-Braham	Informatique	U-PSud	01/11/2009
Clément	Chastagnol	Informatique	U-PSud	01/01/2010

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Abderahman	Azhar	CDD
Dimitri	Agueev	CDD
Eukène	Baratze	CDD
Mohamed	Benzeghiba	Post-Doc
Carolyn	Bouguet	CDD
Despina Lilian	Chiaruttini	CDD
Josep-Maria	Crego	Post-Doc
Emmanuel	Didiot	Post-Doc
Ilknur	Durgar El Khalout	Post-Doc
Judith	Elver	CDD
Jachym	Kolar	Post-Doc
Krystyna	Kostrzanowska	CDD
Thomas	Lavergne	Post-Doc
Viet Bac	Le	CDD
Angelina	Lebedeff	CDD
Eléna	Lopez Garcia	Collaborateur Extérieur
Stéphane	Massinon	CDD
Sha	Meng	Post-Doc
Abdelkhalek	Messaoudi	Collaborateur Extérieur

Virginie	Mouilleron	CDD
Ilya	Oparin	Post-Doc
Patty	Pereira	CDD
Nicolas	Rollet	CDD
Bjoern	Schuller	CDD
Alassane	Seck	CDD
Rita	Sidabraite-Brunet	Collaborateur Extérieur
Natalie	Snoeren	Post-Doc
Nadège	Thorez	CDD
Viet Anh	Tran	Post-Doc
Delphine	Tribout	CDD
Amadeus	Vargas Röhl	CDD
Dimitra	Vergyri	Professeur Invité
Beata	Verheyden	CDD
Christophe	Wagner	CDD
Sara	Williams	CDD
Riccardo	Zaccarelli	Post-Doc
Christina	Zikou	CDD

## Contrats de recherche et valorisation

### Conventions et contrats de collaboration

Les contrats de recherche couvrent l'ensemble des activités du groupe, en particulier grâce au programme Quaero (OSEO-ISI) et aux contrats avec l'industrie, aux projets européens (VITAL, FlareNet, T4ME), aux projets Digiteo (AMADEO, Plateforme Quaero), aux projets du pôle de compétitivité Cap Digital (Infom@gic, SAMAR, VoxFactory, ROMEO), et aux projets ANR (PFC-COR, Affective Avatars, Crotal, Edylex, Trace, Armen, GV-Lex).

### Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
16/09/2002	03/05/2010		Autre	Contrat de prestations de service	Vecsys Research	Gauvain Jean-Luc	Gauvain Jean-Luc	420 000
01/11/2002	31/10/2009		Autre	Contrat de prestations de service	Vecsys	Gauvain Jean-Luc	Gauvain Jean-Luc	503 190
21/12/2005	20/06/2008	PFC-COR	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Laks Bernard	Adda-Decker Martine	35 075
04/07/2006	03/07/2008	corpus RITEL	Autre	Mise à disposition	LIMSI	Rosset Sophie	Rosset Sophie	0,00
01/01/2007	30/09/2010	VITAL	STREP	Contrat avec la commission européenne	UE	Rodriguez Tomas	Gauvain Jean-Luc	223 132
14/02/2007	13/02/2009	corpus RITEL	Autre	Mise à disposition	LIMSI	Rosset Sophie	Rosset Sophie	0,00

01/10/2007	31/12/2010	AMADEO	Projet Emergent	Collaboration de recherche	Digiteo	Adda-Decker Martine	Adda-Decker Martine	99 804
01/12/2007	31/03/2010	AFFECTIVE AVATARS	RNTL	Collaboration de recherche	ANR	Devillers Laurence	Devillers Laurence	297 704
15/12/2007	30/06/2009	INFOM@GIC 3	MEFI	Collaboration de recherche	MEFI	Gauvain Jean-Luc	Gauvain Jean-Luc	137 680
01/01/2008	31/08/2010	CROTAL	MDCO	Collaboration de recherche	ANR	Isabelle Tellier	Yvon François	61 144
01/05/2008	30/04/2013	QUAERO		Collaboration de recherche	OSEO/AII	Thomson	Gauvain Jean-Luc	8 300 000
01/07/2008	31/10/2011	Plateforme traitement	Plateforme	Collaboration de recherche	Digiteo	Gauvain Jean-Luc	Gauvain Jean-Luc	970 000
01/09/2008	31/08/2011	FlareNet	TN	Contrat avec la commission européenne	UE	Paola Baroni	Mariani Joseph-Jean	36 000
01/01/2009	31/12/2012	ROMEIO	pole de compétitivité	Collaboration de recherche	DGE		Devillers Laurence	209 000
01/01/2009	31/12/2010	VOX FACTORY	pole de compétitivité	Collaboration de recherche	DGE		Gauvain Jean-Luc	297 541
01/05/2009	30/04/2013	prêt de corpus	Autre	Mise à disposition	INA	Gauvain Jean-Luc	Gauvain Jean-Luc	0,00
04/05/2009	03/05/2012	SAMAR	pole de compétitivité	Collaboration de recherche	DGE		Yvon François	208 601
27/05/2009	27/05/2020	SDC	Autre	Mise à disposition	NTU-INL	Lamel Lori	Lamel Lori	0,00
01/11/2009	31/10/2012	EDyLex	CONTINT	Collaboration de recherche	ANR	Sagot Benoit	Adda Gilles	167 885
01/11/2009	31/10/2012	TRACE	CONTINT	Collaboration de recherche	ANR	Le Ny Benoit	Yvon François	205 770
01/02/2010	31/01/2012	T4ME Net	REX	Contrat avec la commission européenne	UE	Uszkoreit Hans	Mariani Joseph-Jean	516 000
01/02/2010	30/01/2012	ARMEN	TecSan	Collaboration de recherche	ANR		Devillers Laurence	160 051
10/05/2010	31/12/2010	prêt de corpus	Autre	Accord de secret	EDF		Gauvain Jean-Luc	0,00

## Production scientifique

### Thèses et HdR

1. Bonneau-Maynard, H. (2008). *Dialogue oral homme-machine : contributions à la modélisation de la compréhension et à l'évaluation des systèmes*. HdR, Université Paris Sud/LIMSI.

- Ferràs Font, M. (2009). *Maximum-likelihood linear regression coefficients as features for speaker recognition*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
- Galibert, O. (2009). *Approches et méthodologies pour la réponse automatique à des questions adaptées à un cadre interactif en domaine ouvert*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
- Pellegrini, T. (2008). *Transcription automatique de langues peu dotées*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
- Rosset, S. (2008). *Systèmes de dialogue (oral) homme-machine : du domaine limité au domaine ouvert*. HdR, Université Paris Sud/LIMSI.
- Vieru-Dimulescu, B. (2008). *Caractérisation et identification d'accents étrangers en français*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
- Woehrling, C. (2009). *Accents régionaux en français : perception, analyse et modélisation à partir de grands corpus*. Doctorat, Université Paris-Sud/ LIMSI

## Revue à comité de lecture

- Adda-Decker, M., C. Gendrot and N. Nguyen (2008). "Contributions du traitement automatique de la parole à l'étude des voyelles orales du français." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **49**(3): 13-46.
- Allauzen, A. and G. Wisniewski (2009). "Modèles discriminants pour l'alignement mot-à-mot." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **50**(3): 31p.
- Bonneau-Maynard, H., M. Quignard and A. Denis (2009). "MEDIA : a semantically annotated corpus of task oriented dialogs in French. Results of the French MEDIA evaluation campaign." *Language Resources and Evaluation* **43**(4): 329-354.
- Boula De Mareüil, P., B. Vieru-Dimulescu, C. Woehrling and M. Adda-Decker (2008). "Accents étrangers et régionaux en français." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **49**(3): 29p.
- Clavel, C., I. Vasilescu, L. Devillers, G. Richard and T. Ehrette (2008). "Fear-type recognition for future audio-based surveillance systems." *Speech Communication* **50**(6): 487-503.
- Lamel, L. F., A. Messaoudi and J. L. Gauvain (2009). "Automatic speech-to-text transcription in Arabic." *ACM Transactions on Asian Language Information Processing* **8**(4): 18\_1-18\_17.
- Lavergne, T., T. Urvoy and F. Yvon (2010). "Filtering artificial texts with statistical machine learning techniques." *Language Resources and Evaluation* **44**(1): 19p.
- Mariani, J. (2009). "Research infrastructures for human language technologies : a vision from France." *Speech Communication - Research Challenges in Speech Technology: A Special Issue in Honour of Rolf Carlson and Björn Granström* **51**(7): 569-584.
- Pellegrini, T. and L. F. Lamel (2009). "Automatic word decomposing for ASR in a morphologically rich language : application to Amharic." *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing* **17**(5): 863-873.
- Quenot, G., T.P.Tan, V.B. Le, S. Ayache, L. Besacier et P. Mulhem (2010). "Content-based search in multilingual audiovisual documents using the International Phonetic Alphabet." *Multimedia Tools and Applications*, **48**(3): 123-140.
- Rosset, S., D. Tribout and L. F. Lamel (2008). "Multi-level information and automatic dialog act detection in human-human spoken dialogs." *Speech Communication* **50**(1).
- Sokolovska, N., O. Cappé and F. Yvon (2009). "Sélection de caractéristiques pour les champs aléatoires conditionnels par pénalisation L1." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **50**(3).
- Torreira, F., M. Adda-Decker and M. Ernestus (2010). "The nijmegen corpus of casual French." *Speech Communication* **52**(3): 201-212.
- Van Schooten, B., R. Op Den Akker, S. Rosset, O. Galibert, A. Max and G. Illouz (2009). "Follow-up question handling in the IMIX and Ritel systems : a comparative study." *Natural Language Engineering* **15**(1): 97-118.
- Vasilescu, I., M. Adda-Decker and R. Nemoto (2008). "Caractéristiques acoustiques et prosodiques des hésitations vocaliques dans trois langues." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **49**(3): 199-228.
- Yvon, F. (2010). "Rewriting the orthography of SMS messages." *Natural Language Engineering* **16**(2): 133-159.
- Zweigenbaum, P., B. Grau, A. L. Ligozat, I. Robba, S. Rosset, X. Tannier and A. Vilnat (2008). "Apports de la linguistique dans les systèmes de recherche d'informations précises." *Revue Française de Linguistique Appliquée* **XIII**(1): 41-62.

## Chapitres d'ouvrage

- Adda-Decker, M. (2009). *Language identification*, Spoken language processing. J. Mariani, John Wiley: 279-320.
- Barras, C. (2008). *Etude de grands corpus de parole : apports de la transcription automatique*. Données orales - Les enjeux de la transcription. M. Bilger, Presses Universitaires de Perpignan: 258-268.
- Bonneau-Maynard, H., A. Denis, F. Bechet, L. Devillers, F. Lefevre, M. Quignard, S. Rosset and J. Villaneau (2008). *MEDIA : évaluation de la compréhension dans les systèmes de dialogue. L'évaluation des technologies de traitement de la langue : les campagnes technolanguage (Traité IC2, Série Cognition et Traitement de l'Information)*. S. Chaudiron and K. Choukri, Hermès: 209-231.
- D'Alessandro, C., P. Boula De Mareüil, M. N. Garcia, G. Bailly, M. Morel, A. Raake, F. Bechet, J. Véronis and R. Prudon (2008). *La campagne EvaSy d'évaluation de la synthèse de la parole à partir du texte*.

- L'évaluation technologique dans le domaine du traitement automatique de la langue : l'expérience du programme technolanguage. S. Chaudiron and K. Choukri, Hermès: 183-208.
5. Gauvain, J.-L. and L. Lamel (2009). *Speech recognition systems*. Spoken language processing. J. Mariani, John Wiley: 239-278.
  6. Mariani, J. (2008). Préface. *L'évaluation des technologies de traitement de la langue : les campagnes Technolanguage*. S. Chaudiron and K. Choukri, Hermès: 15-18.
  7. Mariani, J. (2009). *Foreword*. Spoken language processing : analysis, coding, synthesis and recognition. J. Mariani, Hermès Science: 4p.
  8. Marotta, G. and P. Boula De Mareüil (2010). *Persistenza dell'accento straniero. Uno studio percettivo sull'italiano L2*. La dimensione temporale del parlato. S. Schmid, M. Schwarzenbach and D. Studer, EDK Editore: 475-494.
  9. Pnevmatikakis, A., H. K. Ekenel, C. Barras and J. Hernando (2009). *Multimodal person identification*. Computers in the human interaction loop. R. Waibel and R. Stiefelwagen, Springer Verlag: 23-31.
  10. Potamianos, G., L. F. Lamel, M. Wölfel, J. Huang, E. Marcheret, C. Barras, X. Zhu, J. McDonough, J. Hernando, D. Macho and C. Nadeu (2009). *Automatic speech recognition*. Computers in the human interaction loop. A. Waibel and R. Stiefelwagen: 43-59.
  11. Turmo, J., P. Comas, S. Rosset, L. F. Lamel, N. Moreau and D. Mostefa (2009). *Overview of QAST 2008. Lecture Notes in Computer Science : evaluating systems for multilingual and multimodal information access*. 9th Workshop of the cross-language evaluation forum, CLEF 2008. C. Peters, G. J. F. Jones, T. Deselaers et al, Springer Verlag.
  12. Turmo, J., M. Surdeanu, O. Galibert and S. Rosset (2009). *Language technologies : question answering in speech transcripts*. Computers in the human interaction loop. A. Waibel and R. Stiefelwagen, Springer Verlag: 75-86.
  13. Vasilescu, I. (2010). *Perception et reconnaissance des émotions*. Système d'interaction émotionnelle. EC. Pelachaud, Hermes, 223-245
  14. Waibel, A., R. Stiefelwagen, R. Carlson, J. Casas, J. Kleindienst, L. F. Lamel, O. Lanz, D. Mostefa, M. Omologo, F. Pianesi, L. Polymenakos, G. Potamianos, J. Soldatos, G. Sutschet and J. M. B. Terken (2010). *Computers in the human interaction loop*. Handbook on ambient intelligence and smart environments. H. Nakashima, H. Aghajan and J. C. Augusto, Springer: 1071-1116.

## Conférences à comité de lecture

1. Adda-Decker, M., C. Barras, G. Adda, P. Paroubek, P. Boula De Mareüil and B. Habert (2008). *Annotation and analysis of overlapping speech in political interviews*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 7p
2. Adda-Decker, M., L. F. Lamel and N. D. Snoeren (2010). *Initializing acoustic phone models of under-resourced languages : a case-study of Luxembourgish*. SLTU'10. second International Workshop on Spoken Languages Technologies for Under-resourced languages. 74-80
3. Adda-Decker, M., R. Nemoto and J. Durand (2009). *Stratégies de démarcation du mot en français: une étude expérimentale sur grand corpus*. 6èmes Journées Linguistiques de Nantes. 91-96
4. Adda-Decker, M., T. Pellegrini, E. Bilinski and G. Adda (2008). *Developments of Lëtzebuergesch resources for automatic speech processing and linguistic studies*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
5. Allauzen, A. (2008). *Modèles discriminants pour la prédiction d'erreur dans les réseaux de confusion*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
6. Allauzen, A. and H. Bonneau-Maynard (2008). *Training and evaluation of POS taggers on the French MULTITAG corpus*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages and Evaluation. 5p
7. Allauzen, A., J. Crego, A. Max and F. Yvon (2009). *LIMSI's statistical translation systems for WMT'09*. WMT09. Fourth Workshop on Statistical Machine Translation. 100-104
8. Arisoy, E., T. Pellegrini, M. Saraclar and L. F. Lamel (2009). *Enhanced morfeessor algorithm with phonetic features: application to Turkish*. SPECOM 2009. 13th International Conference on Speech and Computer. 6p
9. Benzeghiba, M. F., J. L. Gauvain and L. F. Lamel (2008). *Context-dependent phone models and models adaptation for phonotactic language recognition*. Interspeech 2008. 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association incorporating SST'08. 313-316
10. Bernard, G., S. Rosset, M. Adda-Decker and O. Galibert (2010). *A question-answer distance measure to investigate QA system progress*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
11. Bernard, G., S. Rosset, O. Galibert, E. Bilinski and G. Adda (2009). *The LIMSI participation to the Qast 2009 track*. CLEF 2009. The Cross-Language Evaluation Forum Workshop 2009. 12p
12. Boula De Mareüil, P., M. Adda-Decker and C. Woehrling (2010). *Antériorisation / aperture des voyelles //~/o/ en français du nord et du sud*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
13. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2008). *A diachronic study of prosody through French audio archives*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 531-534
14. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2008). *Etude diachronique de l'accent initial au travers d'archives audio*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 1621-1624
15. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2009). *Perception of the evolution of prosody in the French broadcast news style*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 4p
16. Brendel, M., R. Zaccarelli and L. Devillers (2010). *Building a system for emotions detection from speech to control an affective avatar*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p

17. Brendel, M., R. Zaccarelli, B. Schuller and L. Devillers (2010). *Towards measuring similarity between emotional corpora*. 3rd International Workshop on EMOTION (satellite of LREC 2010) : Corpora for Research on Emotion Affect. 5p
18. Calzolari, N., C. Soria, R. Del Gratta, S. Goggi, V. Quochi, I. Russo, K. Choukri, J. Mariani and S. Piperidis (2010). *The LREC 2010 resource map*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
19. Crégo, J. M., A. Max and F. Yvon (2009). *Plusieurs langues (bien choisies) valent mieux qu'une : traduction statistique multi-source par renforcement lexical*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
20. Crego, J. M. and F. Yvon (2009). *Gappy translation units under left-to-right SMT decoding*. EAMT 2009. The 13th Annual Conference of the European Association for Machine Translation. 66-73
21. Dal, G., B. Fradin, C. Plancq, N. Grabar, S. Lignon, F. Namer, F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Quelques préalables au calcul de la productivité des règles constructionnelles et premiers résultats*. CMLF 2008. Congrès Mondial de Linguistique Française 2008. 17p
22. Delaborde, A., M. Tahon and L. Devillers (2010). *Affective links in a child-robot interaction*. 3rd International Workshop on EMOTION (satellite of LREC 2010) : Corpora for Research on Emotion Affect. 5p
23. Despres, J., P. Fousek, J. L. Gauvain, S. Gay, Y. Josse, L. F. Lamel and A. Messaoudi (2008). *The joint LIMSI and Vecsys research systems for NBEST*. N-Best 2008 Dutch Language Automatic Speech Recognition Evaluation 2008. 5p
24. Despres, J., P. Fousek, J. L. Gauvain, S. Gay, Y. Josse, L. F. Lamel and A. Messaoudi (2009). *Modeling northern and southern varieties of Dutch for STT*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 96-99
25. Devillers, L. and J. C. Martin (2008). *Coding emotional events in audiovisual corpora*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 7p
26. Devillers, L. and L. Vidrascu (2008). *Real-life emotions detection on human-human spoken dialogs*. IPMU 2008. 12th International Conference on Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems. 1590-1596
27. Faouzi Benzeghiba, M., J. L. Gauvain and L. F. Lamel (2009). *Gaussian backend design for open-set language detection*. ICASSP 2009. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 4349-4352
28. Faouzi Benzeghiba, M., J. L. Gauvain and L. F. Lamel (2009). *Language score calibration using adapted gaussian back-end*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2191-2194
29. Ferras, M., C. Barras and J. L. Gauvain (2009). *Lattice-based MLLR for speaker recognition*. ICASSP 2009. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 4537-4540
30. Ferras, M., C. C. Leung, C. Barras and J. L. Gauvain (2008). *MLLR techniques for speaker recognition*. Odyssey 2008. The Speaker and Language Recognition Workshop. 6p
31. Fousek, P., L. F. Lamel and J. L. Gauvain (2008). *On the use of MLP features for broadcast news transcription*. TSD 2008. 11th International Conference Text, Speech and Dialog. Paru dans : LNCS vol 5246. 303-310
32. Fousek, P., L. F. Lamel and J. L. Gauvain (2008). *Transcribing broadcast data using MLP feature*. Interspeech 2008. 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association incorporating SST'08. 4p
33. Galibert, O., L. Quintard, S. Rosset, P. Zweigenbaum, C. Nedellec, S. Aubin, L. Gillard, J. P. Raysz, D. Pois, X. Tannier, L. Deléger and D. Laurent (2010). *Named and specific entity detection in varied data : the Quaero named entity baseline evaluation*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
34. Galibert, O., S. Rosset, X. Tannier and F. Grandry (2010). *Hybrid citation extraction from patents*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
35. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2009). *Collecte et analyses de réponses naturelles pour les systèmes de questions-réponses*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
36. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2010). *Comment formule-t-on une réponse en langue naturelle?* TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
37. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2010). *MACAQ : A multi annotated corpus to study how we adapt answers to various questions*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
38. Gendrot, C., M. Adda-Decker and J. Vaissière (2008). *Les voyelles /i/ et /y/ : du français : focalisation et variations formantiques*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
39. Kaglik, A. and P. Boula De Mareüil (2010). *Polish-accented French prosody in perception and production : transfer or universal acquisition process?* SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
40. Kobus, C., F. Yvon and G. Damnati (2008). *Normalizing SMS : are two metaphors better than one?* COLING 2008. 22nd International Conference on Computational Linguistics. 441-448
41. Kobus, C., F. Yvon and G. Damnati (2008). *Transcrire les SMS comme on reconnaît la parole*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2008. 128-138
42. Kolar, J. and Y. Liu (2010). *Comparing and combining modeling techniques for sentence segmentation of spoken Czech using textual and prosodic information*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
43. Lamel, L. F. and J. L. Gauvain (2008). *Speech processing for audio indexing*. GoTAL 2008. 6th International Conference on Natural Language Processing. 4-15

44. Lamel, L. F., S. Rosset, C. Ayache, D. Mostefa, J. Turmo and P. Comas (2008). *Question answering on speech transcriptions : the QAST evaluation in CLEF*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 5p
45. Lamel, L. F. and B. Vieru-Dimulescu (2010). *Development of a speech-to-text transcription system for finnish*. SLTU'10. second International Workshop on Spoken Languages Technologies for Under-resourced languages. 62-67
46. Langlais, P. and F. Yvon (2008). *Scaling up analogical learning*. COLING 2008. 22nd International Conference on Computational Linguistics. 49-52
47. Langlais, P., F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Analogical translation of medical words in different languages*. GoTAL 2008. 6th International Conference on Natural Language Processing. Paru dans : LNCS vol 5221. 284-295
48. Lavergne, T., T. Urvoy and F. Yvon (2008). *Detecting fake content with relative entropy scoring*. ECAI'08 Workshop PAN. 2nd International Workshop on Uncovering Plagiarism, Authorship, and Social Software Misuse. 6p
49. Law-To, J., G. Grefenstette and J. L. Gauvain (2009). *VoxleadNews: robust automatic segmentation of video into browsable content*. ACM Multimedia Conference 2009. 1119-1120
50. Le, V. B., L. F. Lamel and J. L. Gauvain (2010). *Multi-style MLP features for BN transcription*. ICASSP 2010. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing 2010. 4p
51. Leung, C. C., M. Ferras, C. Barras and J. L. Gauvain (2008). *Comparing prosodic models for speaker recognition*. Interspeech 2008. 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association incorporating SST'08. 4p
52. Liénard, J. S., C. Barras and F. Signol (2008). *Using sets of combs to control pitch estimation errors*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : POMA (Proceedings of Meetings on Acoustics), Acoustical Society of America, vol 4. 6p
53. Luo, J., L. F. Lamel and J. L. Gauvain (2009). *Modeling characters versus words for Mandarin speech recognition*. ICASSP 2009. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 4325-4328
54. Luo, J., C. C. Leung, M. Ferras and C. Barras (2008). *Parallelized factor analysis and feature normalization for automatic speaker verification*. Interspeech 2008. 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association incorporating SST'08. 4p
55. Mariani, J. (2009). *Language technology infrastructures in support to multilingualism*. 3rd International Universal Communication Symposium. 7p
56. Max, A., J. M. Crego and F. Yvon (2010). *Contrastive lexical evaluation of machine translation*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
57. Max, A. and G. Wisniewski (2010). *Mining naturally-occurring corrections and paraphrases from Wikipedia's revision history*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
58. Misra, H., O. Cappe and F. Yvon (2008). *Using LDA to detect semantically incoherent documents*. CoNLL-2008. Twelfth Conference on Computational Natural Language Learning. 41-48
59. Misra, H. and F. Yvon (2010). *Modèles thématiques pour la segmentation de documents*. JADT 2010. 10th International Conference Journées d'Analyse statistique des Données Textuelles. 203-213
60. Misra, H., F. Yvon, M. J. Joemon and O. Cappé (2009). *Text segmentation via topic modeling : an analytical study*. CIKM'09. The 18th ACM Conference on Information and Knowledge Management. 1553-1556
61. Moreau, E., F. Yvon and O. Cappe (2008). *Appariement d'entités nommées coréférentes : combinaisons de mesures de similarité par apprentissage supervisé*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2008. 488-497
62. Moreau, E., F. Yvon and O. Cappe (2008). *Robust similarity measures for named entities matching*. COLING 2008. 22nd International Conference on Computational Linguistics. 593-600
63. Moreau, E., F. Yvon and O. Cappe (2008). *Semi-automatic labeling of coreferent named entities : an experimental study*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation - Workshop on "Resources and Evaluation for Identity Matching, Entity Resolution and Entity Management". 7p
64. Moreau, N., O. Hamon, D. Mostefa, S. Rosset, O. Galibert, L. F. Lamel, J. Turmo, P. R. Comas, P. Rosso, D. Buscaldi and K. Choukri (2010). *Evaluation protocol and tools for question-answering on speech transcripts*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
65. Nemoto, R., M. Adda-Decker and J. Durand (2010). *Investigation of lexical f0 and duration patterns in French using large broadcast news speech corpora*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
66. Nemoto, R., M. Adda-Decker and I. Vasilescu (2008). *Fouille de données audio pour la classification automatique de mots homophones*. EGC 2008. 8èmes Journées Francophones "Extraction et Gestion des Connaissances". 445-456
67. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Mots fréquents homophones en français : analyse acoustique et classification automatique par fouille de données*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
68. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Speech errors on frequently observed homophones in French : perceptual evaluation vs automatic classification*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 7p
69. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Speech errors on frequently observed homophones in French : perceptual evaluation vs automatic classification*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages and Evaluation. 2189-2195

70. Quintard, L., O. Galibert, D. Laurent, S. Rosset, G. Adda, V. Moriceau, X. Tannier, B. Grau and A. Vilnat (2010). *Question answering on web data : the QA evaluation in Quaero*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
71. Rollet, N., A. Delaborde and L. Devillers (2009). *Protocol CINEMO : the use of fiction for collecting emotional data in naturalistic controlled oriented context*. ACII'2009. International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Paru dans : Springer, LNCS, vol. xx. J. Cohn, A. Nijholt and M. Pantic (Eds.). 6p
72. Rosset, S., O. Galibert, G. Bernard, E. Bilinski and G. Adda (2009). *The LIMSI multilingual, multitask QAS system*. Evaluating Systems for Multilingual and Multimodal Information Access. 9th Workshop of the Cross-Language Evaluation Forum, CLEF 2008. Revised Selected Papers. C. Peters et al. (Eds), LNCS - 2009. 8p
73. Rouas, J. L., M. Beppu and M. Adda-Decker (2010). *Comparaison des propriétés acoustiques de la parole lue, préparée et conversationnelle en français*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
74. Rouas, J. L., M. Beppu and M. Adda-Decker (2010). *Comparison of spectral properties of read, prepared and casual speech in French*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
75. Schuller, B., R. Zaccarelli, N. Rollet and L. Devillers (2010). *CINEMO - A French spoken language resource for complex emotions : facts and baselines*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
76. Signol, F., C. Barras and J. S. Liénard (2008). *Evaluation of the pitch estimation algorithms in the monopitch and multipitch cases*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. 6p
77. Signol, F., J. S. Liénard and C. Barras (2010). *Influence de la décision voisé/non-voisé dans l'évaluation comparative d'algorithmes d'estimation de F0*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
78. Snoeren, N. D. and M. Adda-Decker (2009). *Pronunciation and writing variants in Luxembourgish : the case of mobile n-deletion in large corpora*. LTC'09. 4th Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics. 6p
79. Sokolouska, N., O. Cappe and F. Yvon (2008). *Analyse asymptotique de l'apprentissage semi-supervisé pour les modèles probabilistes discriminants*. CAP 2008. 10e Conférence d'Apprentissage. 2p
80. Sokolouska, N., O. Cappe and F. Yvon (2008). *The asymptotics of semi-supervised learning in discriminative probabilistic models*. ICML 2008. 25th International Conference on Machine Learning. 8p
81. Tahon, M., A. Delaborde, C. Barras and L. Devillers (2010). *A corpus for identification of speakers and their emotions*. 3rd International Workshop on EMOTION (satellite of LREC 2010) : Corpora for Research on Emotion Affect. 5p
82. Tahon, M. and L. Devillers (2010). *Acoustic measures characterizing anger across corpora collected in artificial or natural context*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
83. Tomeh, N., N. Cancedda and M. Dymetman (2009). *Complexity-based phrase-table filtering for statistical machine translation*. Machine Translation Summit XII. 8p
84. Toney, D., S. Rosset, A. Max, O. Galibert and E. Bilinski (2008). *An evaluation of spoken and textual interaction in the RITEL interactive question answering system*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 4p
85. Torreira, F., M. Adda-Decker and M. Ernestus (2009). *The Nijmegen corpus of casual French*. 6èmes Journées Linguistiques de Nantes. 65-67
86. Turmo, J., P. R. Comas, S. Rosset, O. Galibert, N. Moreau, D. Mostefa, P. Rosso and D. Buscaldi (2009). *Overview of QAST 2009*. CLEF 2009. The Cross-Language Evaluation Forum Workshop 2009. 13p
87. Vasilescu, I., M. Adda-Decker, L. F. Lamel and P. Hallé (2009). *A perceptual investigation of speech transcription errors involving frequent near-homophones in French and American English*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 144-147
88. Vasilescu, I., S. Rosset and M. Adda-Decker (2010). *On the role of discourse markers in interactive spoken question answering systems*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
89. Vaudable, C., L. Devillers and C. Balague (2009). *Study of consumer's emotion during product interviews*. ACII'2009. International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Paru dans : Springer, LNCS, vol. xx. J. Cohn, A. Nijholt and M. Pantic (Eds.). 6p
90. Vaudable, C., N. Rollet and L. Devillers (2010). *Annotation of affective interaction in real-life dialogs collected in a call-center*. 3rd International Workshop on EMOTION (satellite of LREC 2010) : Corpora for Research on Emotion Affect. 5p
91. Wisniewski, G., A. Max and F. Yvon (2010). *Recueil et analyse d'un corpus écologique de corrections orthographiques extrait des révisions de Wikipédia*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
92. Woehrling, C., P. Boula De Mareüil and M. Adda-Decker (2008). *Aspects prosodiques du français parlé en Alsace, Belgique et Suisse*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 1586-1589
93. Woehrling, C., P. Boula De Mareüil and M. Adda-Decker (2009). *Linguistically-motivated automatic classification of regional French varieties*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2183-2186
94. Woehrling, C., P. Boula De Mareüil, M. Adda-Decker and L. F. Lamel (2008). *A corpus-based prosodic study of Alsatian, Belgian and Swiss French*. Interspeech 2008. 9th Annual Conference of the International Speech Communication Association incorporating SST'08. 4p

## Congrès sans actes, workshops

1. Calzolari, N., K. Choukri, B. Maegaard, J. Mariani, J. Odiijk and S. Piperidis (2010). *Closing remarks*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation.
2. Mariani, J. (2009). *The international challenge of natural language processing*. ATALA 50th anniversary conference.
3. Mariani, J. (2009). *Introduction to session 1 "broadening the coverage, addressing the gaps", the European language resources and technologies forum: "shaping the future of the multilingual digital Europe"*. European Language Resources and Technologies Forum.
4. Mariani, J. (2009). *Les technologies de la langue en soutien au multilinguisme*. International Forum on
5. Adda, G. and J. Mariani (2010). *Language Resources and Amazon Mechanical Turk: ethical, legal, and other issues*. Workshop on Legal Issues for Sharing Language Resources (LISLR): Constraints and Best Practices in conjunction with LREC 2010.
6. Déchelotte, D., G. Adda, A. Allauzen, H. Bonneau-Maynard, O. Galibert, J. L. Gauvain and F. Yvon (2008). *LIMSI's statistical translation systems for WMT'08*. ACL 2008 Third Workshop on Statistical Machine Translation. In conjunction with ACL 2008.
7. Delaborde, A., M. Tahon, C. Barras and L. Devillers (2009). *A wizard-of-oz game for collecting emotional audio data in a children-robot interaction*. AFFINE '09. International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots: 3p.
8. Langlais, P., F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Translating medical words by analogy*. IDAMAP 2008. Workshop on Intelligent Data Analysis in bioMedicine and Pharmacology.
9. Mariani, J. (2009). *Sharing the effort to produce the needed language resources*. Workshop "New Horizons for Linguistic Resources in a Global Context".
10. Mariani, J., K. Choukri and Z. Vetulani (2010). *Getting less-resourced languages on-board! Cocosda-Write-FLaReNet Workshop in conjunction with LREC 2010*.
11. Rosset, S., O. Galibert, G. Bernard, E. Bilinski and G. Adda (2008). *The LIMSI participation to the QAST track*. Working Notes of CLEF 2008 Workshop. Cross-Language Evaluation Forum. In conjunction with ECDL 2008. Paru dans : Revised Selected Papers. C. Peters et al. (Eds), LNCS - 2009.
12. Turmo, J., P. Comas, S. Rosset, L. F. Lamel, N. Moreau and D. Mostefa (2008). *Overview of QAST 2008*. Working Notes of CLEF 2008 Workshop. Cross-Language Evaluation Forum. In conjunction with ECDL 2008: 10p.



ANNE VILNAT

## Introduction

Les activités de recherche du groupe **Information, Langue Écrite et Signée (ILES)** sont consacrées au traitement des données écrites (à leur analyse, leur compréhension ou leur production ainsi qu'à l'acquisition des connaissances nécessaires, principalement morphologiques et sémantiques) et signées (modélisation et traitement automatique de la langue des signes). L'ambition est de maintenir des compétences variées et complémentaires pour combiner à la fois approches symboliques et statistiques, travaux fondamentaux et plus appliqués.

Notre approche du Traitement Automatique des Langues (TAL) consiste à s'intéresser à tout ce qui fait la spécificité de la langue, en l'envisageant dans sa globalité, ainsi qu'à ses différents usages. En s'appuyant sur une description générale des travaux menés dans notre domaine, les questions scientifiques que nous nous posons seront mises en avant.

Les recherches que nous menons peuvent se décliner sur différentes dimensions. La première concerne les **objets** sur lesquels nous travaillons. Suivant les thèmes, ces objets vont de l'unité lexicale (mot ou signe) au groupe de mots formant ensuite un énoncé, partie d'un document pouvant constituer l'une des briques d'un corpus. Il s'agit là d'une différence dans la taille de l'objet observé. Un des choix auxquels nous nous tenons est de nous intéresser à l'ensemble de ces niveaux, plutôt qu'à nous spécialiser sur un seul d'entre eux. L'hypothèse sous-jacente est que la compréhension des différents phénomènes est intrinsèquement liée, chacune apportant un éclairage aux autres.

La deuxième dimension concerne les **traitements** qui peuvent concerner ces objets. Il peut s'agir de les analyser pour en construire une représentation, de les transformer ou de les engendrer. Nous nous intéressons également à leur acquisition, lors de la collecte de corpus par exemple. L'étude des variations ou des relations d'équivalence entre ces objets (paraphrases au niveau de syntagme ou d'énoncé, corpus comparables) joue ainsi un rôle important dans nos travaux.

Ces objets ou ces traitements peuvent s'exprimer dans une ou plusieurs **modalités** : la langue écrite (souvent qualifiée de « vocale ») ou la langue signée constitue l'une des différences entre modalités. Une autre caractéristique de nos études est de concerner suivant les cas un contexte purement monolingue ou au contraire s'adresser à deux voire un plus grand nombre de **langues**.

Nos travaux se déclinent également en fonction du domaine concerné selon que l'on traite de la langue « générale » ou d'une langue de spécialité. Ainsi, nos recherches peuvent se situer en domaine ouvert (quand nous recherchons des informations sur la toile par exemple) ou au contraire s'inscrire dans un domaine contraint, comme le domaine médical dans lequel certaines de nos études se spécialisent.

Ces différentes dimensions permettent de structurer nos recherches en situant chacun de nos travaux dans ces différentes perspectives, en ayant conscience de ce qui les rapproche et de ce qui les distingue. Nous souhaitons ainsi pouvoir évoluer en ayant conscience de la variété des problèmes posés par la langue, mais en situant chacun de ces problèmes par rapport aux autres études menées.

Les travaux que nous menons s'inscrivent globalement dans des applications bien connues et reconnues en TAL et qui émergent en Traitement Automatique de la Langue des Signes (TALS). Ces applications trouvent leur place dans des projets internes, nationaux ou européens, qui sont présentés au sein de chacun des thèmes ci-dessous.

## Présentation de la recherche

Nous avons ainsi structuré nos activités en quatre grands thèmes. Le premier concerne les « **Corpus et les représentations** ». Il s'agit ici de se confronter au matériau de base que sont les textes ou les vidéos de signeurs, afin de déterminer les phénomènes linguistiques que l'on peut observer, de définir comment les représenter, et comment ces représentations peuvent se traduire en annotations produites manuellement. Les principaux buts de ces corpus annotés sont de permettre de produire des ressources utiles pour apprendre à reconnaître ces phénomènes dans d'autres textes, ou d'évaluer des systèmes capables de les reconnaître.

Le deuxième thème concerne l' « **Extraction et recherche d'informations précises** ». Il s'agit ici d'explorer les processus mis en jeu dans l'accès à des informations véhiculées par des textes / du matériau textuel. Cet accès à l'information recouvre aussi bien l'extraction d'informations, y compris la détection d'opinion, que la recherche d'informations précises en réponse à des questions.

Le troisième thème est centré sur le « **Traitement Automatique de la Langue des Signes** ». C'est une spécificité de notre groupe de traiter à la fois la langue écrite et signée. Dans ce thème, nous nous intéressons aux spécificités des corpus de Langue des Signes Française (LSF) (en liaison avec le thème « Corpus et représentations »), à la modélisation de la LSF et à sa génération.

Le dernier thème est centré sur le « **Multilinguisme** ». Le phénomène central étudié dans ce thème est celui de la variation, qu'il s'agisse de la variation monolingue (par extension du multilinguisme) à la traduction automatique entre langues des signes européennes, en s'intéressant à tous les phénomènes de paraphrase.

## Thème Corpus et Représentation

*A. Braffort, A. Choisier, C. Grouin, C. Mouton, P. Paroubek, X. Tannier, A. Vilnat, P. Zweigenbaum, B. Arnulphy, B. Cartoni, L. Deléger, M. Filhol, A. Pak*

### Introduction

L'analyse des faits de langues est (avec l'étude du cerveau) une manière privilégiée d'aborder l'élaboration d'un modèle informatique fonctionnellement équivalent à un humain lorsqu'il utilise une langue naturelle. C'est cette voie d'approche qui est l'objet du thème corpus et représentation, où nous étudions les traces symboliques de l'activité langagière humaine<sup>8</sup>.

Nous étudions donc des collections de documents (corpus écrits d'origine diverses, transcriptions d'oral, corpus vidéo de signeurs en LSF) dans le but de les analyser automatiquement, d'aider leur production ou de les créer automatiquement. Mais notre objet d'étude inclut aussi les ressources linguistiques, représentations de l'activité langagière humaine qui émergent de l'étude de ces corpus, comme les lexiques, les grammaires, les réseaux sémantiques et les bases d'information linguistiques.

### Les observables

Le matériau de base est constitué de la vision statique des données originales sur lesquelles nous travaillons. Pour le recueillir il faut établir des critères de sélection. Ce matériau « brut » doit parfois être normalisé, comme lorsque nous travaillons sur des collections de documents issus du web. Ces corpus se présentent sous différents média : texte, transcription d'oral, vidéo (en particulier dans le cas de la LSF).

### Les représentations

L'observation des phénomènes linguistiques présents dans ces corpus suppose d'être capable de les représenter et de les identifier. Dans ce thème, nous nous intéressons à la définition des phénomènes à annoter, afin de dégager ensuite des techniques de reconnaissance automatique qui seront l'objet du thème « Extraction et recherche d'informations précises ».

Pour cela, il est nécessaire d'établir un matériel de référence (corpus de référence), qui contient une annotation manuelle des phénomènes à observer. Cette annotation suppose la définition préalable d'un guide d'annotation qui spécifie comment annoter les différents phénomènes rencontrés.

Nous avons mené ces recherches pour différents phénomènes sur des corpus de textes : des annotations syntaxiques (projet Passage), des annotations en entités nommées (projet Quaero), ou des entités plus spécifiques comme les événements ou les opinions (projet DOXA ou campagne DEFT). Des travaux similaires ont lieu pour l'annotation de corpus vidéo de LSF, où des signes sont annotés avec précision.

L'annotation manuelle d'un corpus, l'évaluation de la qualité du corpus annoté, quelles que soient les annotations, posent des questions scientifiques qui se montrent de plus en plus cruciales si l'on veut garantir la qualité des ressources produites.

### Utilisation

Ces corpus annotés servent à l'apprentissage (pour les systèmes de réponses aux questions, de traduction automatique par exemple). Ils interviennent également dans la mise en place d'évaluation qui sont une part importante de nos recherches. La définition du processus d'évaluations, la définition des

---

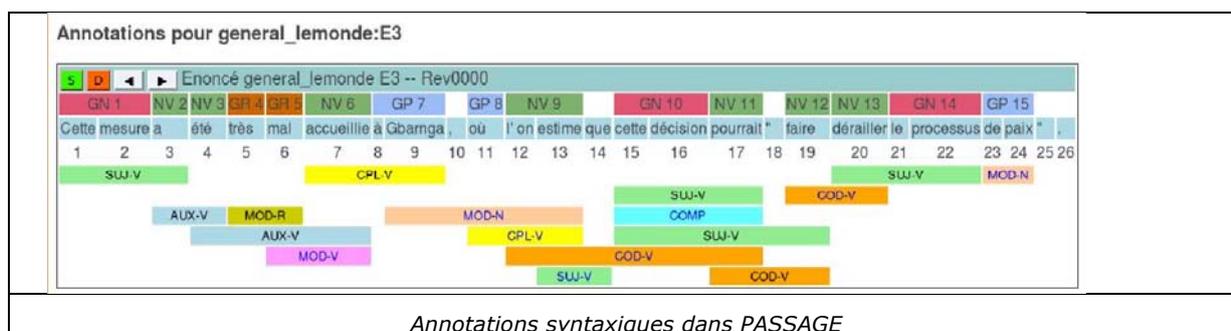
<sup>8</sup> Nous considérons ici la notion de symbole dans son sens le plus large en incluant en particulier la langue des signes française

métriques adéquates pour situer les systèmes par rapport à une référence manuelle, sont des sujets de recherche très actifs au sein de ce thème (Passage, Quaero, DEFT)

Le projet DICTASIGN au niveau européen comporte également une part importante d'annotation de corpus de LSF dans le domaine du transport, dans les différentes langues européennes.

### Les projets

- européen : DICTASIGN (voir le thème Langue des Signes), franco-allemand : Quaero (financé par Oseo)
- nationaux : PASSAGE (ANR), DOXA (Cap Digital), DEFT



### Thème Extraction et recherche d'informations précises

*B. Grau, A.-L. Ligozat, V. Moriceau, I. Robba, X. Tannier, A. Vilnat, P. Zweigenbaum, A. Ben Abacha, D. Bernhard, M. Falco, A. Garcia-Fernandez, A. Grappy, C. de Groc, A.L. Minard*

Ce thème explore les processus mis en jeu dans l'accès à des informations véhiculées par des textes / du matériau textuel. Cet accès à l'information recouvre aussi bien l'extraction d'informations, y compris la détection d'opinion, que la recherche d'informations précises en réponse à des questions.

#### Extraction d'informations

L'extraction d'informations cherche à reconnaître, dans une collection de textes, des éléments d'information de types prédéfinis. Il s'agit par exemple des noms de personnes, de lieux ou d'organisations (les « entités nommées ») dans des articles de presse, ou encore des maladies, examens et traitements dans des comptes rendus médicaux. Il s'agit aussi des relations qu'entretiennent ces entités : qui a fait quoi quand où (par exemple, relations générales comme *acteur* ou *cause* d'un événement, ou spécifiques comme *traitement d'une maladie*). L'extraction d'informations peut être conçue comme une tâche en soi ou repérer des informations qui servent de base à d'autres tâches comme la recherche d'informations précises (voir plus bas).

#### Détection d'entités dans des textes

Les enjeux et les méthodes sont les suivants :

- Détecter de façon exhaustive les occurrences d'entités, malgré la diversité de leur expression : robustesse aux variantes et autres paraphrases. L'un des points mis en avant dans l'équipe est l'exploration globale des méthodes de paraphrase décrites dans le thème « Multilinguisme et paraphrase ». Un autre point est l'analyse des informations contenues dans les tableaux, fréquents et souvent riches d'informations dans certains genres textuels comme les articles scientifiques ou encore les articles d'encyclopédie (Wikipédia).
- Typer correctement ces entités, qui peuvent être ambiguës : résolution d'ambiguïté sémantique.
- Déterminer les frontières précises des entités repérées.

Dans les deux derniers points, nous explorons les apports respectifs d'approches linguistiques fondées sur une analyse syntaxique générale ou des grammaires locales ( patrons ) et d'approches par apprentissage automatique sur corpus annoté (champs conditionnels aléatoires), ainsi que leur combinaison (utilisation des résultats d'analyses linguistiques comme attributs supplémentaires pour l'apprentissage automatique).

L'ensemble de ces activités induit une problématique générale de construction de lexiques spécialisés apportant des informations morphologiques, morphosyntaxiques et sémantiques utilisées pour la reconnaissance d'entités dans des textes. Cette problématique motive une activité d'acquisition de

connaissances linguistiques à partir de corpus ou par exploration du web ; elle s'appuie sur un savoir-faire affirmé, en particulier dans l'exploitation des ressources issues de constructions communautaires (dont les plus connues et les plus utilisées sont Wikipédia et Wiktionary). (voir le thème « Corpus et représentations »)

Une question très débattue actuellement dans les travaux internationaux est l'articulation entre les méthodes à base de connaissances linguistiques (lexicales, morphologiques, syntaxiques, sémantiques) et celles fondées sur un apprentissage à partir de données. Nous faisons l'hypothèse que les connaissances linguistiques (par exemple une analyse syntaxique) permettent une modélisation plus pertinente des phénomènes à traiter, et testons leur apport dans les processus d'accès à l'information. En même temps, nous explorons si les méthodes à base d'apprentissage sur corpus peuvent être source de meilleure couverture et robustesse (par exemple les CRF en extraction d'informations). Nous étudions dans nos travaux les indications respectives d'usage des divers types de connaissances utilisables et leur combinaison à des méthodes d'apprentissage sur corpus.

### Détection de relations dans des textes

Étant donné deux entités dans un texte, on cherche à déterminer la relation qui les lie. En domaine ouvert, on cherchera par exemple les arguments d'un prédicat ou la cause d'un phénomène. En domaine spécialisé, on a affaire à des relations plus spécifiques comme le fait qu'un médicament traite ou au contraire cause une maladie.

Les enjeux et les méthodes sont :

- Quelles connaissances mettre en jeu. : nous explorons les apports respectifs d'approches linguistiques fondées sur une analyse syntaxique générale (par exemple, analyseur XIP ), sur des grammaires locales (patrons);
- Comment collecter des exemples appropriés pour mettre au point ou évaluer les méthodes ;
- La détection de relations au-delà de la phrase.

La plupart des travaux se cantonnent à la détection de relations entre deux entités situées dans la même phrase. Nous cherchons aussi à détecter des relations entre entités situées dans des phrases proches.

### Recherche d'informations précises

La *recherche d'informations précises* (souvent rencontrée sous la dénomination « systèmes de questions-réponses ») cherche des réponses concises à des questions formulées en langue naturelle dans de grandes bases de documents textuels. Constituant l'un des enjeux du test de Turing, elle fait depuis longtemps l'objet de travaux, qui ont été ravivés ces dernières années par la disponibilité des masses de données textuelles du web.

Outre la reconnaissance d'entités et de relations décrite plus haut sous la rubrique *extraction d'informations*, la recherche d'informations précises met en jeu les processus suivants :

- l'analyse de questions en langue naturelle,
- l'indexation des documents pour la recherche de réponses candidates,
- la comparaison plus précise entre réponses candidates et spécifications de la question,
- la sélection de la ou des meilleures réponses à la question posée.

Nous étudions comment les méthodes et ressources du traitement automatique des langues --- analyse syntaxique, détection de paraphrase, connaissances sémantiques, etc. --- peuvent aider à résoudre les problèmes rencontrés pour réaliser ce type de tâche.

Nous explorons plus particulièrement les directions suivantes :

- (a) quel rôle donner à la paraphrase et à la syntaxe dans l'appariement entre question et passages candidats et dans l'extraction de réponses à partir des passages sélectionnés ;
- (b) comment justifier et valider les réponses candidates.

Nous nous donnons d'autre part les moyens de mettre en place des systèmes complets de recherche d'informations précises, grâce auxquels nous pouvons expérimenter les méthodes explorées et évaluer leur impact effectif dans des campagnes internationales et nationales.

### Dimension multilingue

Dans l'extraction d'informations et la recherche d'informations précises, nous avons des collaborations internationales, dont nous ne citerons que les principales : FBK, Trento (recherche d'informations précises en

domaine ouvert avec en perspective l'extraction d'informations dans le domaine médical) ; NLM, Bethesda (recherche d'informations précises dans le domaine médical) ; Stockholm.

### Participation à des évaluations internationales

Ces évaluations sont l'occasion d'expérimenter les méthodes décrites plus haut dans des systèmes assemblés ou complétés pour l'occasion. Nous citerons à titre d'exemple :

- CLEF : recherche d'informations précises (domaine ouvert ou de spécialité)
- i2b2 : extraction d'informations (domaine médical) : en 2009 extraction de prescriptions médicamenteuses, en 2010 reconnaissance d'entités (problèmes médicaux, examens, traitements), de relations entre ces entités (cause, traite, prévient, diagnostique, etc.), du mode d'assertion des entités (affirmé, nié, hypothétique, conditionnel, associé au patient ou à l'un de ses parents)
- Quaero : recherche d'informations précises sur le Web (domaine ouvert)

### Projets collaboratifs associés à ce thème :

- Conique : Recherche d'informations précises
- Quæro : Extraction d'informations, Recherche d'informations précises
- Akenaton : Extraction d'informations (À noter la problématique de l'anonymisation de textes).
- EDyLex : Extraction d'informations (Problématique du typage d'entités inconnues)

### Thème Traitement Automatique de la Langue des Signes

*L. Bolot, A. Braffort, A. Choisier, C. Verrechia, E. Chetelat, M. Delorme, M. Filhol, J. Segouat*

Ce thème regroupe les activités de recherche portant sur la langue des signes, selon trois aspects complémentaires : les corpus, la modélisation et la génération.

Les corpus de langue des signes sont principalement composés de vidéos, mais peuvent aussi comporter des données issues de la capture de mouvement. Nous élaborons des méthodologies de conception (élicitation), d'annotation qualitative et quantitative, et d'analyse. Nous étudions actuellement la coarticulation, ainsi que les composantes non-manuelles et la synchronisation entre les différentes composantes corporelles.

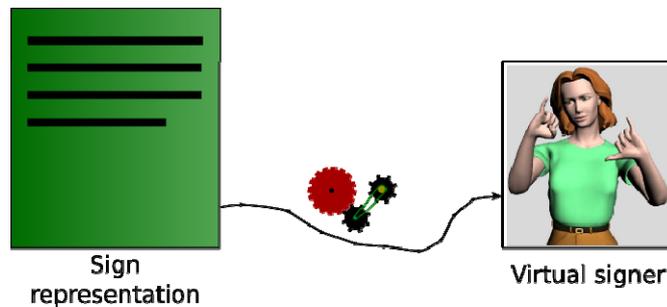
Les résultats des analyses sont intégrés au sein de représentations formelles relatives au lexique et aux énoncés, accompagnés d'une représentation de l'espace de signation qui est le support structurant des énoncés. Nous avons proposé une représentation du lexique, dont la capacité de couverture a été évaluée sur un corpus de 1500 lexèmes. Nous élaborons actuellement un système de représentation des énoncés à partir des différentes ébauches proposées à ce jour dans l'équipe.

L'évaluation des représentations passent aussi par leur implémentation au sein de plateformes logicielles, de génération automatique en ce qui nous concerne. La génération automatique d'énoncés en LS se visualise par l'animation de signeur virtuel (humanoïde en 3 dimensions). Cela implique par ailleurs de modéliser des connaissances de nature biomécanique sur le corpus humain, même si le modèle d'humanoïde est simplifié, afin d'assurer que les gestes soient suffisamment réalistes pour ne pas nuire à la compréhension des énoncés en LS.

Les deux principaux projets sur la LS sont Dicta-Sign, projet européen relatif à la reconnaissance, génération et traduction automatique de LS à LS, pour lequel l'équipe est en charge de la modélisation linguistique et est impliquée dans les aspects constitution de corpus et animation de signeur virtuel, et WebSourd-SNCF, un projet de valorisation de la plateforme de génération d'énoncés à partir d'animations prédéfinies pour l'affichage d'annonces en temps réel dans les gares SNCF.



*Un extrait du dictionnaire de signe*



*Modélisation en LSF*

## Thème Multilinguisme

*C. Balkanski, A. Braffort, A. Max, P. Zweigenbaum, H. Bouamor*

Le groupe ILES mène des travaux dans le domaine du multilinguisme et de la variation monolingue. Sa contribution dans le domaine du multilinguisme a notamment porté sur l'intégration de connaissances linguistiques en traduction automatique statistique, pour une meilleure prise en compte du contexte, une intégration efficace d'hypothèses de traduction provenant de différentes sources, ainsi qu'une évaluation automatique contrastive jouant un rôle complémentaire relativement aux métriques automatiques usuelles. Ces travaux sont menés en collaboration avec des membres du groupe TLP.

La variation monolingue fait l'objet de travaux articulés autour de l'acquisition et de l'exploitation d'unités équivalentes allant des corpus (corpus parallèles et comparables), aux énoncés (paraphrases sous-phrastiques) et aux expressions (par ex. formulations pour le grand public ou pour spécialistes).

En plus de processus d'acquisition automatique, des travaux ont porté sur la description de relations d'équivalence (règles de réécriture pour les systèmes de réponse à des questions, identification de paraphrases dans les révisions de Wikipédia) et sur l'utilisation de banques d'équivalences en contextes (par ex. en aide à la rédaction).

Les projets concernés par ce thème sont :

- le projet franco-allemand Quaero,
- le projet Edylex (ANR), et
- un projet interne sur la variation en langue.

Para 1 (de) Notre message doit être clair.

Para 2(es) Il ne doit pas y avoir la moindre ambiguïté dans notre message.

Para 3(en) Il ne doit y avoir aucune ambiguïté quant à notre message.

Para 4(en) Il ne devrait y avoir absolument aucune ambiguïté dans notre message.

*Variations obtenues à partir des traductions d'une phrase exprimée dans des langues source différentes*

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Cécile	Balkanski	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Laurence	Bolot	ITA	IE1C	CNRS	1
Annelies	Braffort	Ch	CR1 HdR	CNRS	1
Annick	Choisier	ITA	IE2	CNRS	1
Brigitte	Grau	Ens-Ch	Pr1	ENSIIE	1
Cyril	Grouin	ITA	IE2	CNRS	1
Martine	Hurault-Plantet	ITA	IR1	CNRS	1
Anne-Laure	Ligozat	Ens-Ch	MC	ENSIIE	1
Aurélien	Max	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Véronique	Moriceau	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Patrick	Paroubek	ITA	IR1	CNRS	1
Isabelle	Robba	Ens-Ch	MC	Versailles	1
Xavier	Tannier	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Cyril	Verrecchia	ITA	AI	CNRS	1
Anne	Vilnat	Ens-Ch	Pr2	U-PSud	1
Pierre	Zweigenbaum	Ch	DR2	CNRS	1

### Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Anne	Garcia Fernandez	Informatique	U-PSud	01/10/2006
Thierry	Delbecque	Informatique	U-PSud	01/12/2006
Emilie	Chetelat	Informatique	Aix en Provence	01/03/2007
Arnaud	Grappy	Informatique	U-PSud	01/10/2007
Jérémie	Segouat	Informatique	U-PSud	01/12/2007
Maxime	Delorme	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Béatrice	Arnulphy	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Asma	Ben Abacha	Informatique	U-PSud	01/10/2008

Houda	Bouamor	Informatique	U-PSud	06/10/2008
Alexander	Pak	Informatique	U-PSud	01/09/2009
Claire	Mouton	Informatique	U-PSud	01/10/2009
Anne-Lyse	Minard	Informatique	U-PSud	01/10/2009
Clément	De Groc	Informatique	U-PSud	18/11/2009

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Pierre	Albert	CDD
Flora	Badin	CDD
Caroline	Benoit	CDD
Delphine	Bernhard	CDD
Bruno	Cartoni	Post-Doc
Louise	Deléger	Post-Doc
Mathieu	Falco	CDD
Michael	Filhol	Post-Doc
Magali	Wlaz	CDD

## Contrats de recherche et valorisation

### Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
06/12/2005	05/06/2009	CONIQUE	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Grau Brigitte	Grau Brigitte	93 340
20/12/2005	20/07/2008	AUTOGRAPH	RNRT	Collaboration de recherche	ANR	Cardon Dominique	Habert Benoit	212 596
01/01/2007	30/06/2010	PASSAGE	MDCA	Collaboration de recherche	ANR	Eric de la Clergerie	Paroubek Patrick	155 888
01/03/2007	31/08/2009	Encadrement de thèse	Autre	Collaboration de recherche	Université de Provence	Braffort Annelies	Braffort Annelies	0,00
27/04/2007	26/04/2008	Octopus	Autre	Accord de secret	Web Sourd	Braffort Annelies	Braffort Annelies	0,00
01/12/2007	30/05/2011	AKENATON	TecSan	Collaboration de recherche	ANR	Burgun Anita	Zweigenbaum Pierre	84 106
10/12/2007	09/03/2008	ATILF-TLF	Autre	Mise à disposition	Université de Nancy	Vilnat Anne	Vilnat Anne	0,00
10/12/2007	10/12/2208	logiciel Syntex	Autre	Mise à disposition	Université de Toulouse Le Mirail	Vilnat Anne	Vilnat Anne	0,00

01/01/2008	31/12/2010	C-MANTIC	MDCO	Collaboration de recherche	ANR	Slodzian Monique	Zweigenbaum Pierre	48 533
01/01/2008	30/12/2010	InterSTIS	TecSan	Collaboration de recherche	ANR	Forget Jean-François	Zweigenbaum Pierre	98 762
08/04/2008	07/04/2013	Données lexicales	Autre	Mise à disposition	CNRS	Vilnat Anne	Vilnat Anne	0,00
15/10/2008	15/10/2011	XIP	Autre	Mise à disposition	XEROX	Vilnat Anne	Vilnat Anne	0,00
02/01/2009	01/01/2012	DOXA	pole de compétitivité		DGE	Catherine Gouttas	Paroubek Patrick	460 213
01/02/2009	31/01/2012	Dicta-Sign	STREP	Contrat avec la commission européenne	UE	Efthimiou Eleni	Braffort Annelies	382 156
19/02/2009	18/08/2011	FILTRAR-S	CSOSG	Collaboration de recherche	ANR	Campion Nicolas	Grau Brigitte	59 565
13/10/2009	12/10/2020	DOXA-NDA	Autre	Accord de secret	EDF	Paroubek Patrick	Paroubek Patrick	0,00

## Production scientifique

### Thèses et HdR

1. Barbier, V. (2009). *Utilisation de connaissances sémantiques pour l'analyse de justifications de réponses à des questions*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
2. Braffort, A. (2008). *Traitement automatique de la Langue des Signes Française*. HdR, Université Paris Sud/LIMSI.
3. Chételat-Pelé, E. (2010). *Les gestes non manuels en langue des signes française. Annotation, analyse et formalisation : application aux mouvements des sourcils et aux clignements des yeux*. Doctorat, Université Aix-Marseille/LIMSI
4. El Ayari, S. (2009). *Evaluation transparente du traitement des éléments de réponse à une question factuelle*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
5. Filhol, M. (2008). *Modèle descriptif des signes pour un traitement automatique des langues des signes*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
6. Séjourné, K. (2009). *Question réponse et interaction*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.

### Reuves à comité de lecture

1. Auray, N., M. Hurault-Plantet, C. Poudat and B. Jacquemin (2009). "La négociation des points de vue. Une cartographie sociale des conflits et des querelles dans le Wikipédia francophone." *Réseaux*(154): 15-50.
2. Beckers, T., P. Bellot, G. Demartini, L. Denoyer, C. M. De Vries, A. Doucet, K. N. Fachry, N. Fuhr, P. Gallinari, S. Geva, W. C. Huang, T. Iofciu, J. Kamps, G. Kazai, M. Koolen, S. Kutty, M. Landoni, M. Lehtonen, V. Moriceau, R. Nayak, R. Nordlie, N. Pharo, E. SanJuan, R. Schenkel, X. Tannier, M. Theobald, J. Thom, A. Trotman and A. P. De Vries (2010). "Report on INEX 2009." *SIGIR Forum* **44**(1): ??
3. Braffort, A. and P. Dalle (2008). "Sign language applications : preliminary modeling." *International Journal of Universal Access in the Information Society* **6**(4): 393-404.
4. Clavel, C., I. Vasilescu, L. Devillers, G. Richard and T. Ehrette (2008). "Fear-type recognition for future audio-based surveillance systems." *Speech Communication* **50**(6): 487-503.
5. Deléger, L., M. Merkel and P. Zweigenbaum (2009). "Translating medical terminologies through word alignment in parallel text corpora." *Journal of Biomedical Informatic* **42**(4): 692-701.
6. Deléger, L., F. Namer and P. Zweigenbaum (2009). "Morphosemantic parsing of medical compound words : transferring a French analyser to English." *International Journal of Medical Informatics* **78**(1): 48-55.
7. Fradin, B., G. Dal, N. Grabar, F. Namer, S. Lignon, D. Tribout and P. Zweigenbaum (2008). "Remarques sur l'usage des corpus en morphologie." *Langages* **171**(3): 34-59.

8. Grouin, C., M. Hurault-Plantet, P. Paroubek and J. B. Berthelin (2009). "DEFT'07 : une campagne d'évaluation en fouille d'opinion." *Fouille des données d'opinions*, Revue des Nouvelles Technologies de l'Information **17**: 1-24.
9. Moriceau, V. and X. Tannier (2010). "FIDJI: using syntax for validating answers in multiple documents." *Information Retrieval Journal*, special issue on focused retrieval and result aggregation (10791): 27p.
10. Séguat, J. (2009). "A study of sign language coarticulation." *SIGACCESS Newsletter* (93): 31-38.
11. Van Schooten, B., R. Op Den Akker, S. Rosset, O. Galibert, A. Max and G. Illouz (2009). "Follow-up question handling in the IMIX and Ritel systems : a comparative study." *Natural Language Engineering* **15**(1): 97-118.
12. Vasilescu, I., M. Adda-Decker and R. Nemoto (2008). "Caractéristiques acoustiques et prosodiques des hésitations vocaliques dans trois langues." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **49**(3): 199-228.
13. Zweigenbaum, P., B. Grau, A. L. Ligozat, I. Robba, S. Rosset, X. Tannier and A. Vilnat (2008). "Apports de la linguistique dans les systèmes de recherche d'informations précises." *Revue Française de Linguistique Appliquée* **XIII**(1): 41-62.
14. Zweigenbaum, P., C. Retoré and S. Kahane (2008). "Varia, Traitement Automatique des langues." *TAL (Traitement Automatique des Langues)* **49**(1): 7-10.

### Chapitres d'ouvrage

1. Grau, B. (2008). *Les systèmes de question-réponse et le web. Recherche d'information : état des lieux et perspectives* (Collection Recherche d'information et web). M. Boughanem and J. Savoy, Lavoisier.
2. Séguat, J. and A. Braffort (2009). *Toward modeling sign language coarticulation. Gesture in embodied communication and human-computer interaction*, LNAI/LNCS. S. Kopp and I. Wachsmuth,

### Conférences à comité de lecture

1. Adda-Decker, M., C. Barras, G. Adda, P. Paroubek, P. Boula De Mareüil and B. Habert (2008). *Annotation and analysis of overlapping speech in political interviews*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
2. Arnulphy, B., X. Tannier and A. Vilnat (2010). *Les entités nommées événement et les verbes de cause-conséquence*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 6p
3. Bouamor, H. (2010). *Construction d'un corpus de paraphrases d'énoncés par traduction multiple multilingue*. RECITAL 2010. 12ème Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues. Session étudiante du TALN 2010. 10p
4. Bouamor, H., A. Max and A. Vilnat (2009). *Amener des utilisateurs à créer et à évaluer des paraphrases par le jeu*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 3p
5. Bouamor, H., A. Max and A. Vilnat (2010). *Acquisition de paraphrases sous-phrastiques depuis des paraphrases d'énoncés*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 6p
6. Braffort, A., J. P. Sansonnet and C. Verrecchia (2009). *Issues in dynamic generation of sign language utterances for a web 2.0 virtual signer*. IVA 09. 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : *Lectures Notes in computer Science, Intelligent Virtual Agents Volume 5773/2009*, Springer 2009. 2p
7. Cartoni, B. and M. A. Lefer (2010). *Improving the representation of word-formation in multilingual lexicographic tools: the MuLeXFoR database*. 14th EURALEX International Congress. 6p
8. Cartoni, B. and M. A. Lefer (2010). *The MuLeXFoR database: representing word-formation processes in a multilingual lexicographic environment*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
9. Cartoni, B. and P. Zweigenbaum (2010). *Extension of a specialised lexicon using specific terminological data: the unified medical lexicon for French (UMLF)*. 14th EURALEX International Congress. 6p
10. Cartoni, B. and P. Zweigenbaum (2010). *Semi-automated extension of a specialized medical lexicon for French*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
11. Chételat-Pelé, E. and A. Braffort (2008). *Description des mouvements des sourcils pour la génération automatique*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2008. 10p
12. Chételat-Pelé, E. and A. Braffort (2008). *Signs language corpus annotation : toward a new methodology*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
13. Chételat-Pelé, E., A. Braffort and J. Véronis (2008). *Annotation of non manual gestures : eyebrow movement description*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation - Workshop construction and exploitation of sign language corpora. 5p
14. Cormont, S., A. Buemi, T. Horeau, P. Zweigenbaum and E. Lepage (2008). *Construction of a dictionary of laboratory tests mapped to LOINC at AP-HP*. AMIA 2008 Annual Symposium. Poster
15. Courgeon, M., J. C. Martin and C. Jacquemin (2008). *User's gestural exploration of different virtual agents' expressive profiles*. AAMAS'08. Seventh International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. 4p
16. Crégo, J. M., A. Max and F. Yvon (2009). *Plusieurs langues (bien choisies) valent mieux qu'une : traduction statistique multi-source par renforcement lexical*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p

17. Dal, G., B. Fradin, C. Plancq, N. Grabar, S. Lignon, F. Namer, F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Quelques préalables au calcul de la productivité des règles constructionnelles et premiers résultats*. CMLF 2008. Congrès Mondial de Linguistique Française 2008. 17p
18. Deléger, L. and B. Cartoni (2010). *Adjectifs relationnels et langue de spécialité: vérification d'une hypothèse linguistique en corpus médical comparable*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 6p
19. Deléger, L. and P. Zweigenbaum (2008). *Aligning lay and specialized passages in comparable medical corpora*. MIE 2008. 21st International Congress of the European Federation for Medical Informatics 2008. Paru dans : Studies in Health Technology and Informatics vol 136. 89-94
20. Deléger, L. and P. Zweigenbaum (2008). *Paraphrase acquisition from comparable medical corpora of specialized and lay texts*. AMIA 2008 Annual Symposium. 5p
21. Deléger, L. and P. Zweigenbaum (2009). *Extracting lay paraphrases of specialized expressions from monolingual comparable medical corpora*. ACL-IJNLP 2009. Joint conference of the 47th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 4th International Joint Conference on Natural Language Processing of the Asian Federation of Natural Language Processing. 2-10
22. Deléger, L. and P. Zweigenbaum (2010). *Identifying paraphrases between technical and lay corpora*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
23. El Ayari, S., B. Grau and A. L. Ligozat (2009). *REVISE, un outil d'évaluation précise des systèmes de questions-réponses*. CORIA 2009. 6e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 19p
24. El Ayari, S., B. Grau and A. L. Ligozat (2010). *Fine-grained linguistic evaluation of question answering systems*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. ??
25. El Ayari, S., B. Grau and A. L. Ligozat (2010). *Fine-grained linguistic evaluation of question answering systems*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
26. Galibert, O., L. Quintard, S. Rosset, P. Zweigenbaum, C. Nedellec, S. Aubin, L. Gillard, J. P. Raysz, D. Pois, X. Tannier, L. Deléger and D. Laurent (2010). *Named and specific entity detection in varied data : the Quaero named entity baseline evaluation*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
27. Galibert, O., S. Rosset, X. Tannier and F. Grandry (2010). *Hybrid citation extraction from patents*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
28. Garcia-Fernandez, A. and C. Lailier (2008). *Morphosyntaxe de l'interrogation pour le système de question-réponse RITEL*. RECITAL'08. Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues 2008. Session étudiante du TALN 2008. 10p
29. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2009). *Collecte et analyses de réponses naturelles pour les systèmes de questions-réponses*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
30. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2010). *Comment formule-t-on une réponse en langue naturelle?* TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
31. Garcia-Fernandez, A., S. Rosset and A. Vilnat (2010). *MACAQ : A multi annotated corpus to study how we adapt answers to various questions*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
32. Grappy, A. and B. Grau (2010). *Answer type validation in question answering systems*. RIAO 2010. 9th International Conference on Adaptivity, Personalization and Fusion of Heterogeneous Information. 7p
33. Grappy, A. and B. Grau (2010). *Validation du type de la réponse dans un système de questions réponses*. CORIA 2010. Septième édition de la Conférence en Recherche d'Information et Applications. 16p
34. Grappy, A., B. Grau, O. Ferret, C. Grouin, V. Moriceau, I. Robba, X. Tannier and A. Vilnat (2010). *A corpus for studying full answer justification*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
35. Grappy, A., A. L. Ligozat and B. Grau (2008). *Evaluation de la réponse d'un système de question-réponse et de sa justification*. CORIA 2008. 5e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 16p
36. Grau, B. and S. El Ayari (2009). *A framework of evaluation for question-answering systems*. ECIR 2009. 31st European Conference on Information Retrieval. Paru dans : Lecture Notes in Computer Science, Volume 5478, Springer, cop. 2009. 744-748
37. Grau, B., A. L. Ligozat and A. L. Minard (2009). *Corpus study of kidney-related experimental data in scientific papers*. RANLP 2009. Biomedical Information Extraction Workshop - Recent Advances in Natural Language Processing. 6p
38. Grouin, C. (2008). *Certification and cleaning up of a text corpus : towards an evaluation of the "grammatical" quality of a corpus*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 8p
39. Grouin, C., J. B. Berthelin, S. El Ayari, M. Hurault-Plantet and S. Loiseau (2008). *Présentation de DEFT'08 (Défi Fouille de Textes)*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
40. Grouin, C., A. Rosier, O. Dameron and P. Zweigenbaum (2009). *Testing tactics to localise De-identification*. MIE 2009. 22nd International Congress of the European Federation for Medical Informatics. Paru dans : Studies in Health Technology and Informatics, Vol 150, Klaus-Peter Adlassnig, John Mantas, and Bernd Blobel, editors, IOS Press, 2009. 735-739
41. Grouin, C., A. Rosier, O. Dameron and P. Zweigenbaum (2009). *Une procédure d'anonymisation à deux niveaux pour créer un corpus de comptes rendus hospitaliers*. Risques, technologies de l'information pour les pratiques médicales - Treizièmes Journées Francophones d'Informatique Médicale. 23-33
42. Hagège, C. and X. Tannier (2008). *XTM : a robust temporal text processor*. CICling 2008. 9th International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics. 231-240

43. Hurault-Plantet, M., J. B. Berthelin, S. El Ayari, C. Grouin, S. Loiseau and P. Paroubek (2008). *Résultats de l'édition 2008 du Défi Fouille de Textes*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
44. Hurault-Plantet, M., E. Naulleau and B. Jacquemin (2009). *GraphDuplex : visualisation simultanée de N réseaux couplés 2 par 2*. CORIA 2009. 6e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 12p
45. Jacquemin, B., A. Lauf, C. Poudat, M. Hurault-Plantet and N. Auray (2008). *La fiabilité des informations sur le web : le cas Wikipédia*. CORIA 2008. 5e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 9p
46. Ke, G. and P. Zweigenbaum (2009). *Catégorisation automatique de pages web chinoises. Documents spécialisés vs grand public sur le tabagisme*. CORIA 2009. 6e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 16p
47. Langlais, P., F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Analogical translation of medical words in different languages*. GoTAL 2008. 6th International Conference on Natural Language Processing. Paru dans : LNCS vol 5221. 284-295
48. Langlais, P., F. Yvon and P. Zweigenbaum (2009). *Improvements in analogical learning : application to translating multi-terms of the medical domain*. EACL 2009. 12 th Conference of the European Chapter of the ACL. 487-495
49. Max, A. (2008). *Génération de reformulations locales par pivot pour l'aide à la révision*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2008. 10p
50. Max, A. (2008). *Local rephrasing suggestions for supporting the work of writers*. GoTAL 2008. 6th International Conference on Natural Language Processing. 324-335
51. Max, A., J. M. Crego and F. Yvon (2010). *Contrastive lexical evaluation of machine translation*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
52. Max, A., R. Makhloufi and P. Langlais (2008). *Explorations in using grammatical dependencies for contextual phrase translation disambiguation*. EAMT 2008. 12th Annual Conference of the European Association for Machine Translation. 6p
53. Max, A., R. Makhloufi and P. Langlais (2009). *Prise en compte de dépendances syntaxiques pour la traduction contextuelle de segments*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
54. Max, A. and G. Wisniewski (2010). *Mining naturally-occurring corrections and paraphrases from Wikipedia's revision history*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
55. Minard, A. L., A. L. Ligozat and B. Grau (2010). *Extraction de résultats expérimentaux d'articles scientifiques pour le peuplement d'une base de données*. JADT 2010. 10th International Conference Journées d'Analyse statistique des Données Textuelles. 10p
56. Moriceau, V., E. SanJuan and X. Tannier (2009). *QA@INEX 2009 : a common task for QA, focused IR and automatic summarization systems*. INEX 2009. Initiative for the Evaluation of XML Retrieval Workshop. 334-338
57. Moriceau, V. and X. Tannier (2009). *Apport de la syntaxe dans un système de question-réponse : étude du système FIDJI*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
58. Moriceau, V., X. Tannier and M. Falco (2010). *Une étude des questions "complexes" en question-réponse*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 6p
59. Moriceau, V., X. Tannier and B. Grau (2009). *Utilisation de la syntaxe pour valider les réponses à des questions par plusieurs documents*. CORIA 2009. 6e Conférence en Recherche d'Information et Applications. 5-18
60. Nemoto, R., M. Adda-Decker and I. Vasilescu (2008). *Fouille de données audio pour la classification automatique de mots homophones*. EGC 2008. 8èmes Journées Francophones "Extraction et Gestion des Connaissances". 445-456
61. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Mots fréquents homophones en français : analyse acoustique et classification automatique par fouille de données*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
62. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Speech errors on frequently observed homophones in French : perceptual evaluation vs automatic classification*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 7p
63. Nemoto, R., I. Vasilescu and M. Adda-Decker (2008). *Speech errors on frequently observed homophones in French : perceptual evaluation vs automatic classification*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages and Evaluation. 2189-2195
64. Pak, A. and P. Paroubek (2010). *Construction d'un lexique affectif pour le français à partir de Twitter*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 6p
65. Pak, A. and P. Paroubek (2010). *Twitter as a corpus for sentiment analysis and opinion mining*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
66. Paroubek, P., A. Pak and D. Mostefa (2010). *Annotations for opinion mining evaluation in the industrial context of the DOXA project*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
67. Paroubek, P., I. Robba, A. Vilnat and C. Ayache (2008). *EASY, evaluation of parsers of French : what are the results?* LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 7p
68. Quintard, L., O. Galibert, D. Laurent, S. Rosset, G. Adda, V. Moriceau, X. Tannier, B. Grau and A. Vilnat (2010). *Question answering on web data : the QA evaluation in Quaero*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p

69. Sansonnet, J. P., A. Braffort, J. Ségouat and C. Verrecchia (2009). *SL teacher : a framework for teaching LSF on the web*. ICTA 09. The Second International Conference on ICT and Accessibility. 2p
70. Ségouat, J. (2008). *A study of sign language coarticulation*. ASSETS 2008. Tenth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. 2p
71. Ségouat, J. and A. Braffort (2009). *Toward the study of sign language coarticulation : methodology proposal*. ACHI 2009. Second International Conferences on Advances in Computer-Human Interactions. 369-374
72. Ségouat, J., A. Choisier and A. Braffort (2009). *Modélisation informatique de la langue des signes française : description ou création d'une variété standard ? 23ème Colloque du CerLiCO "L'exemple et le corpus : quel statut ?"* 2p
73. Segouat, J. and A. Braffort (2008). *Proposition d'une méthodologie de réalisation d'un corpus de signes 3D isolés de LSF*. TALN 2008. Traitement Automatique des Langues Naturelles - Atelier Traitement Automatique des Langues des Signes. 8p
74. Séjourné, K. (2008). *Une structure pour les questions enchainées*. RECITAL'08. Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues 2008. Session étudiante du TALN 2008. 10p
75. Séjourné, K. (2009). *Exploitation d'une structure pour les questions enchainées*. TALN'2009 & RECITAL'2009. 16ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
76. Tannier, X. and V. Moriceau (2010). *FIDJI : web question-answering at Quaero 2009*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 5p
77. Tannier, X. and P. Muller (2008). *Evaluation metrics for automatic temporal annotation of texts*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 6p
78. Vasilescu, I., M. Adda-Decker, L. F. Lamel and P. Hallé (2009). *A perceptual investigation of speech transcription errors involving frequent near-homophones in French and American English*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 144-147
79. Vasilescu, I., S. Rosset and M. Adda-Decker (2010). *On the role of discourse markers in interactive spoken question answering systems*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 7p
80. Villemonte De La Clergerie, E., C. Ayache, G. De Chalendar, G. Francopoulo, C. Gardent and P. Paroubek (2008). *Large scale production of syntatic annotations for French*. ICGL'08. First International Conference on Global Interoperability for Language Resources. 45-52
81. Villemonte De La Clergerie, E., O. Hamon, D. Mostefa, C. Ayache, P. Paroubek and A. Vilnat (2008). *PASSAGE : from French parser evaluation to large sized treebank*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 8p
82. Vilnat, A., G. Francopoulo, O. Hamon, S. Loiseau, P. Paroubek and E. Villemonte De La Clergerie (2008). *Large scale production of syntactic annotations to move forward*. COLING 2008 Workshop on Cross-Framework and Cross-Domain Parser Evaluation.
83. Vilnat, A., P. Paroubek, E. Villemonte De La Clergerie, G. Francopoulo and M. L. Guénot (2010). *Passage syntactic representation: a minimal common ground for evaluation*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
84. Wisniewski, G., A. Max and F. Yvon (2010). *Recueil et analyse d'un corpus écologique de corrections orthographiques extrait des révisions de Wikipédia*. TALN 2010. 17ème Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles. 10p
85. Zweigenbaum, P. (2008). *Natural Language Processing in the medical and biomedical domains: a parallel perspective*. SMBM 2008. Third International Symposium on Semantic Mining in Biomedicine. 3-4

## Congrès sans actes, workshops

1. Ségouat, J. (2008). *A study of sign language coarticulation*. ASSETS 2008. Tenth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility: 1p.
2. Ségouat, J., A. Braffort, L. Bolot, A. Choisier, M. Filhol and C. Verrecchia (2008). *Building 3D French sign language lexicon*. LREC 2008. 6th International Conference on Language Resources and Evaluation - 3rd Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages :
3. Berthelin, J. B., C. Grouin, M. Hurault-Plantet and P. Paroubek (2008). *Human judgment as a parameter in evaluation campaigns*. COLING 2008 Workshop on Human Judgements in Computational Linguistics.
4. Braffort, A., J. P. Sansonnet, J. C. Martin and C. Verrecchia (2008). *A web-based framework for interactive deictic and sign language agents*. WACA'2008. Troisième Workshop sur les Agents Conversationnels Animés.
5. Jacquemin, B., A. Lauf, C. Poudat, M. Hurault-Plantet and N. Auray (2008). *Managing conflicts between users in Wikipedia*. SAW 2008. 2nd Workshop on Social Aspects of the Web - In conjunction with 11th International Conference on Business Information Systems (BIS 2008).
6. Langlais, P., F. Yvon and P. Zweigenbaum (2008). *Translating medical words by analogy*. IDAMAP 2008. Workshop on Intelligent Data Analysis in bioMedicine and Pharmacology.
7. Martin, J. C., J. P. Sansonnet, A. Braffort and C. Verrecchia (2009). *Informing the design of deictic behaviors of a web agent with spoken and sign language video data*. GW 2009. The 8th International Gesture Workshop.
8. Max, A. (2009). *Sub-sentencial paraphrasing by contextual pivot translation*. TextInfer 2009. The ACL 2009 Workshop on Applied Textual Inference. In conjunction with the 47th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL-09): 9p.

9. Max, A. and M. Zock (2008). *Looking up phrase rephrasings via a pivot language*. COLING 2008 Workshop on Cognitive Aspects of the Lexicon.
10. Moriceau, V., X. Tannier, A. Grappy and B. Grau (2008). *Justification of answers by verification of dependency relations - The French AVE task*. CLEF 2008. The Cross-Language Evaluation Forum. In conjunction with ECDL 2008.
11. Sansonnet, J. P., A. Braffort, J. C. Martin and C. Verrecchia (2009). *Towards interactive web-based signing avatars*. GW 2009. The 8th International Gesture Workshop. Poster.
12. Sansonnet, J. P., A. Braffort and C. Verrecchia (2009). *Towards interactive web-based virtual signers : first step, a platform for experimentation design*. GW 2009. The 8th International Gesture Workshop. Paru dans : *Gesture in embodied communication and human-computer interaction*, Kopp S., Wachsmuth I., Eds, Springer, 2010, LNAI Vol 5934, pp313-324.
13. Ségouat, J. and A. Braffort (2009). *Toward modeling sign language coarticulation*. Gesture Workshop.
14. Tannier, X. and V. Moriceau (2009). *FIDJI in ResPubliQA 2009*. CLEF 2009. The Cross-Language Evaluation Forum Workshop 2009.
15. Zweigenbaum, P. (2009). *Knowledge and reasoning for medical question-answering*. KRAQ 2009. The 2009 Workshop on Knowledge and Reasoning for Answering Questions: 2.

## Brevet

1. Roux, C. and X. Tannier (2009). *Event extraction system for electronic messages*. US Patent 20090235280, Xerox Corporation. September 17, 2009.

CHRISTOPHE D'ALESSANDRO

### Introduction

Le groupe Audio et Acoustique (issu du groupe Perception Située) réunit les activités du LIMSI autour du son. Le son est étudié avec une triple approche STIC, acoustique, perceptive. « STIC » comprend les aspects audio-numérique, informatique et traitement du signal audio. « Acoustique » comprend les approches de type physique, acoustique des salles, audition. « Perception » comprend les aspects perceptifs et cognitifs de l'expression sonore, en particulier dans la parole. Le son est considéré dans l'espace, réel ou virtuel. Le groupe s'intéresse au son expressif, voix, parole, instruments, musique, ainsi qu'à la production et au contrôle du son par des dispositifs temps réel.

Les sujets de recherches abordés sont groupés selon trois axes : le son et l'espace (Spatialisation du son et audio 3D, Audition spatiale, Réalité virtuelle audio, Acoustique des salles), la prosodie expressive (production et perception d'affects et leurs relations avec le langage et la culture, analogies entre expression vocale et musicale), l'analyse et synthèse audio (analyse du signal audio, analyse de la source vocale, synthèse à partir du texte, synthèse temps réel et contrôle gestuel, voix chantée, organologie et acoustique, instruments de musique à clavier).

### Présentation de la recherche

#### Thème Son & Espace

*B. Katz*

Ce thème est centré sur les trois directions de recherche suivantes : l'audition spatiale, l'acoustique des salles, et l'audio 3D et réalité virtuelle. L'interconnexion entre ces domaines est importante, mais chacun reste suffisamment indépendant pour être mentionné.

#### **Audition spatiale**

Les travaux autour de l'audition spatiale sont centrés sur l'analyse des propriétés des HRTFs et les études psycho-acoustiques des capacités humaines de perception des sons et de l'environnement via l'audition. Fait dans le cadre de plusieurs projets et collaborations, avec des équipes de cognition, perception et biologie, ce travail reste fortement pluridisciplinaire. Ces résultats sont utilisés dans les travaux applicatifs en "Audio 3D et Réalité Virtuelle".

#### **Acoustique des salles**

Les activités en acoustique des salles se développent dans deux directions : physique et numérique. Nous menons une activité de recherche, en collaboration avec d'autres laboratoires et des bureaux d'étude en acoustique des salles, sur une plateforme de mesures physiques à échelle réduite pour les maquettes des salles. En lien avec cette plateforme, nous sommes en train de développer un boîtier à outils de mesures pour les paramètres importants dans les études en acoustique des salles, qui sera proposée en Open Source. Ce projet est conçu pour avoir une plateforme commune entre chercheurs et consultants, pour vérifier et développer des méthodes d'analyses nouvelles et standardisées. Pour l'aspect numérique, nous nous focalisons sur les simulations d'effets de salle, notamment pour les applications dans le domaine de la réalité augmentée. En collaboration avec le Helsinki University of Technology et le groupe AMI, nous avons développé une plateforme temps réel qui combine un rendu graphique et acoustique 3D. Cette collaboration va se poursuivre.

#### **Audio 3D et réalité virtuelle**

Le domaine de l'audio 3D et de la réalité virtuelle au LIMSI est dans une phase d'expansion importante. En 2007 nous avons participé à la création de la salle d'expérimentation multimodale : salle-017. Cette plateforme est un lien fort pour les collaborations avec le groupe AMI et le thème VIDA. Avec la livraison du nouveau bâtiment et la construction de la pièce intelligente IRoom, le laboratoire dispose de deux plateformes importantes dans lesquelles l'audio 3D est intégré, avec des enjeux très différents. Les projets SACARI et PLOREAV présentent deux applications mobiles avec des problématiques supplémentaires. Nous essayons d'utiliser toutes ces plateformes pour le développement d'un nombre limité d'outils, génériques et puissants. Les collaborations seront essentielles, entre groupes et aussi au niveau national et international

pour valoriser ces investissements. Le thème Son & Espace est fier de son rôle dans ces plateformes et continuera à s'affirmer comme un acteur majeur dans le domaine de l'audio 3D.



*Système de réalité virtuelle audio par Wave Field Synthesis utilisant des haut-parleurs sur panneaux plats (LaMAP, Large Multi-Actuator Panels)*

## Thème Analyse et synthèse audio

*C. d'Alessandro, N. Delprat, D. Sciamarella*

Les thématiques traitées portent sur l'analyse de la source vocale, le contrôle gestuel de la synthèse de parole, la synthèse à partir du texte, le traitement du son temps réel pour les applications musicales, l'acoustique du clavicorde et de l'orgue, les analogies entre gestes manuels et prosodie. Parmi les faits marquants ces deux dernières années, on note d'une part les études sur le contrôle gestuel de la synthèse avec leurs conséquences pour la prosodie, et d'autre part le projet d'orgue augmenté.

### **Source vocale et qualité vocale, analyse du signal**

Pour l'analyse de la parole expressive, un des objectifs est de développer une boîte à outils d'analyse des paramètres de la source vocale. En continuant les travaux sur la ZZT, certains paramètres de la source sont accessibles (quotient ouvert, asymétrie). Nos travaux antérieurs sur la représentation par ondelettes, maintenant qu'un modèle spectral de la source est bien compris, ont été développés pour donner de nouvelles informations, comme la richesse spectrale.

Nos travaux récents ont traité surtout de la partie périodique de la source. Il est important de revenir maintenant également à la partie apériodique, en particulier pour l'expression. En effet, il y a beaucoup de situations où l'expression passe par l'utilisation d'une voix rauque, soufflée, etc. Il faut alors tenir compte des apériodicités. Dans ce cadre, des algorithmes de décomposition périodique apériodique sont développés et évalués.

D. Sciamarella, en détachement à Buenos Aires, a poursuivi ses travaux sur la modélisation mécanique du fonctionnement des plis vocaux et des bandes ventriculaires, à l'aide de maquettes et de simulations numériques. Un modèle de production du son par la glotte sous forme de coups de bélier a été également publié.

N. Delprat travaille en collaboration avec le département Mécanique Energétique sur l'analyse spectrale des signaux d'écoulement dans les cavités. Elle utilise une approche signal (dérivée de celles développées en synthèse sonore) pour caractériser les différentes modulations présentes dans les oscillations de cavité. Cette étude pourra naturellement se poursuivre sur l'analyse des sons de biseau et sur la modélisation des oscillations auto-entretenues qui se développent dans les systèmes cavité-tuyau (sons de flûte, orgue...).

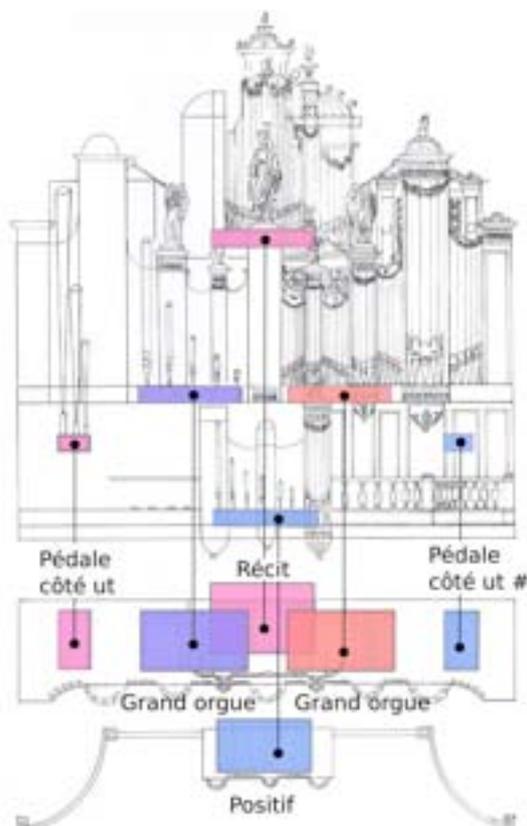
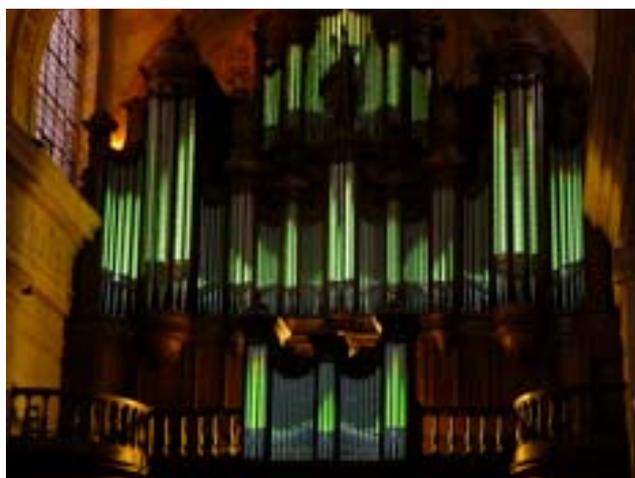
### **Acoustique et informatique musicale**

Les travaux sur l'acoustique du clavicorde se sont poursuivis. Les résultats déjà obtenus, en particulier sur la dynamique du clavicorde, sont en cours de publication. Une étude comparative du clavicorde et du piano a été présentée.

Un projet d'orgue augmenté a été mené. Des concerts avec un instrument augmenté, tant dans sa composante visuelle que sonore, par captation interne du son, transformation temps réel et projection sur la façade de tuyaux de l'instrument ont été donnés en public.

Ce projet de recherche/projet artistique coordonné par C. d'Alessandro a été développé dans le cadre du festival Science sur Seine de Paris en collaboration avec le groupe AMI du LIMSI et un plasticien (Bertrand Planes) pour la partie visuelle.

N. Delprat est impliquée dans des projets arts/science et à ce titre a co-organisé une conférence sur « Simulation Technologique et Matérialisation Artistique » à Paris en 2009 et participe à l'édition des Actes de la conférence. Elle est aussi responsable du groupe de travail interdisciplinaire « NUAGE » en collaboration avec Claire Leroux de l'ESIEA Paris, dans lequel est prévu une exploration couplée des aspects sonores et visuels dans le ressenti virtuel d'une matière (thématique transversale VIDA du LIMSI).



*Le projet Orgue et Réalité augmentée: traitement audio-visuel temps réel du son d'un orgue en situation de concert.*

### **Synthèse de la voix, prosodie et geste**

La modélisation gestuelle de la prosodie a été étudiée, en particulier à l'occasion des workshops eINTERFACE (sur les interfaces multimodales) dont une des sessions a été organisée au LIMSI par le groupe en 2008. Une nouvelle approche de la prosodie, utilisant la chironomie ou contrôle gestuel de la prosodie a été initiée. Le but est de proposer un modèle prosodique en termes de mouvements, au sens gestuel du terme (trajectoire et dynamique). L'enjeu le plus important est théorique : comment intégrer la dimension gestuelle de la prosodie dans un modèle de description prosodique de la parole expressive ?

L'étude de l'expression et des attitudes grâce au synthétiseur à contrôle gestuel (menée dans le cadre du projet ANR 2PIM) va également se poursuivre, en particulier en comparant les attitudes dans différentes langues.

Enfin la dimension musicale du contrôle gestuel a été étudiée en particulier avec l'utilisation du Méta-Instrument, et dans le cadre d'un nouveau projet (Orchestre de Joystick, ORJO).

L'utilisation d'un retour haptique pour la synthèse de voix chantée est étudiée.

Les travaux en synthèse à partir du texte se poursuivent, en particulier à travers une collaboration avec Orange R&D. Nous avons mesuré des données sur le rayonnement acoustique de la tête en parole et en

chant. Ces données sont intégrées dans le synthétiseur à partir du texte : ce synthétiseur spatialisé est le premier réalisé à notre connaissance. Il est intégré dans la tête parlante du LIMSI.

## Thème Prosodie Expressive

### A. Rilliard

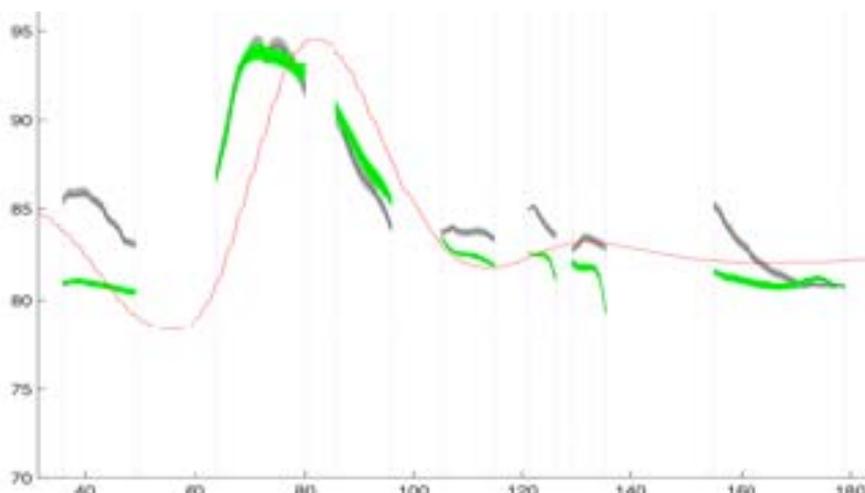
A partir des travaux réalisés dans les autres thèmes de l'équipe, nous nous proposons de travailler plus particulièrement sur les capacités expressives de la prosodie de parole dans la communication. Pour cela, nous cherchons à décrire comment des indices vocaux permettent aux locuteurs et aux auditeurs de produire et de récupérer des indices aussi variés que l'expression d'une émotion, d'une attitude ou la réalisation d'un focus attentionnel sur une partie du discours, en utilisant des variations d'un même ensemble de paramètres acoustiques.

### Expressivité et langues du monde

Il s'agit ici d'étudier comment l'expressivité prosodique se développe dans différentes langues et dans différentes cultures. En effet, les expressions réalisées par les locuteurs peuvent varier fortement d'une langue à l'autre. Des études sur un nombre croissant de langues (français, anglais britannique, japonais, vietnamien, portugais brésilien, permises grâce à des collaborations avec des collègues du GIPSA-lab et du LIG à Grenoble, de l'Université de Bordeaux 3, de la Showa University et de l'Université de Kumamoto au Japon, du laboratoire MICA au Vietnam et de l'Université Fédérale de Rio de Janeiro) permettent de montrer ces similitudes et ces différences expressives.

La question des principales dimensions expressives des attitudes prosodiques est aussi soulevée : comment l'étudier, comment l'évaluer ? Une telle approche dimensionnelle devrait faciliter la mise en place de tests interculturels de compréhension des attitudes. En effet, des grandes dimensions génériques fournissent un cadre plus simple qu'une approche catégorielle, vite rendue complexe par la multiplication des labels et des situations d'interaction pragmatiques sous-jacentes. Ainsi, l'étude de la dimension politesse / impolitesse du japonais a fait l'objet d'une collaboration entre le Japon et la France et a permis de mieux comprendre les différentes étapes du développement de cette notion chez des enfants japonais, dont les performances sont comparées à celles d'adultes natifs et étrangers.

A plus long terme, comme les expressions attitudinales apportent des informations de nature multilingues et multiculturelles, la question de la traduction des expressions prosodiques d'une langue à l'autre pourra être soulevée, en collaboration avec les groupes du LIMSI travaillant sur la traduction de parole à parole - quand l'évaluation de l'intercompréhension prosodique sera plus avancée. Pour cela, il s'agit d'abord d'élargir encore l'éventail des langues étudiées, puis de compléter les tests de perception interculturelle.



*Imitation gestuelle (en rouge) et vocale (en gris) de l'intonation d'un locuteur (en vert).*

### Expressivité prosodique : variabilité des paramètres prosodiques

Exprimant tant des affects sociaux que des émotions ou des variations liées au contenu linguistique du message parlé, la prosodie est transmise dans des paramètres acoustiques et visuels complexes. Séparer

ces fonctions permet d'étudier de manière détaillée l'apport de chacune de ces modalités à l'expressivité globale du message et permet de mieux comprendre leur imbrication.

Pour cela, des tests de perception multimodale ont été réalisés, portant sur les attitudes du français et du japonais. Ces travaux sont liés à la mise en place de la tête parlante du LIMSI (projet dirigé par Jean-Claude Martin du groupe AMI), en collaboration avec les groupes AMI et TLP. Par ailleurs, des travaux sur la stylisation prosodique sont menés afin de permettre des mesures objectives de l'importance relative des différents paramètres, dans les différents contextes d'étude. Ces travaux s'appuient grandement sur les avancées obtenues dans le thème Analyse et Synthèse Audio dans les domaines de la stylisation gestuelle et de l'analyse de la qualité de voix. Une partie de ces travaux est menée dans le cadre du projet ANR GVLEX (Geste et Voix EXPRESSifs).

Ces mesures objectives et subjectives des variations prosodiques devraient permettre de mieux comprendre les différentes dynamiques en œuvre lors de la réalisation des fonctions expressives de la prosodie.

### Expressivité et langage

Comment les fonctions prosodiques interfèrent-elles avec les autres niveaux linguistiques dans la production d'un discours? Quelles peuvent être ses apports à l'efficacité et à la pertinence du message parlé, tant dans le cadre d'un discours entre humains que dans le cadre d'une interaction homme/machine? Des deux principales fonctions linguistiques de la prosodie, le focus est particulièrement intéressant à étudier dans le cadre d'un dialogue homme/machine. En effet, la problématique de la deixis qui lui est sous-jacente permet d'aborder la communication de manière multimodale (prosodique, gestuelle, lexicale, faciale). Il est alors envisageable d'analyser la morphologie, le domaine et la valence du focus prosodique dans son contexte naturel : la communication. Cet outil de deixis, de même que les fonctions attitudinales, est tout à fait pertinent dans le cadre du projet d'agent communicant qui se lance au laboratoire (action transversale ALIAS, dirigée par J.-C. Martin) et fait partie d'un projet de PEPS pluridisciplinaire STIC-SHS proposé cette année, qui cherche à intégrer cette tête parlante au système de dialogue du LIMSI : RITEL.

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Christophe	D'Alessandro	Ch	DR2	CNRS	1
Nathalie	Delprat	Ens-Ch	MC	UPMC	1
Brian	Katz	Ch	CR1	CNRS	1
Laurent	Pointal	ITA	IE1C	CNRS	0,5
Albert	Rilliard	Ch	CR1	CNRS	1
Denise	Sciamarella	Ch	CR1	CNRS	0,5

### Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Sylvain	Lamesch	SMAE	UPMC	22/11/2006
Nicolas	Sturmel	STITS	U-PSud	01/12/2006
David	Schonstein	SMAE	UPMC	02/04/2007
Marc	Rebillat	Polytechnique	Polytechnique	01/09/2008
Tifanie	Bouchara	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Gaëtan	Parsehian	SMAE	UPMC	03/11/2008
David	Doukhan	Informatique	U-PSud	01/10/2009
Lionel	Feugère	SMAE	UPMC	01/12/2009

## Collaborations de recherche

Le groupe A&A entretient de nombreuses collaborations nationales et internationales.

- B. Katz a effectué des séjours au Japon (5 mois) et en Finlande (1 mois, à plusieurs reprises).
- A. Rilliard a effectué un séjour au Japon également et publie très régulièrement avec des collègues Japonais.
- C. d'Alessandro a récemment été invité pour des conférences internationales au Danemark, en Belgique, en France et en Inde, pour des jurys de thèse en Suède, en Belgique, et en Allemagne. A travers le projet AMPER, de nombreux liens sont noués dans l'espace Roman.
- Le groupe a organisé le workshop d'été international eNTERFACE 2008 au LIMSI pendant un mois (chairman C. d'Alessandro). En tous près de 80 participants de 20 nationalités ont travaillé dans tout le LIMSI pendant un mois sur dix projets concernant les interfaces multimodales.
- B. Katz a participé à l'organisation des journées d'étude sur le son 3D dans le cadre de la SFA, ICAD 2008 (Int. Conf. Auditory Display), ainsi que la conférence Ambisonic 2010.
- N. Delprat a co-organisé des journées d'étude « Simulation Technologique et Matérialisation » en 2009.
- A la conférence Acoustics 2008, B. Katz et collègues ont reçu de l' EUROPEAN ACOUSTICS ASSOCIATION : un Award for Outstanding Recent Scientific Results Published in Acta Acustica united with Acustica. « For their work on linguistic exploration of verbal data as a methodology for exploring the cognitive processing of environmental sounds. » »
- Par ailleurs, les travaux du groupe ont été montrés à plusieurs reprises dans les médias, presse (Herald Tribune, le Figaro, avec Arkamys, sur la spatialisation dans les mobiles, Archistorm, projet orgue augmenté), radio (France musique, sur le clavicorde), télé (« c'est pas sorcier », sur l'orgue, « plein écran » sur les nouvelles technologies audio).
- Les membres du groupe assurent régulièrement une activité d'évaluation dans les principaux journaux du domaine (J. Acoust. Soc. Am, Acta Acustica united with Acustica, IEEE Trans. Speech and Audio Proc, Speech Com., J. Audio Eng. Soc, Applied Acoust, etc.). C. d'Alessandro est Associate Editor du Eurasip J. Audio. Speech and Music Proc. Le groupe participe tous les ans aux comités de lecture des principales conférences du domaine (Interspeech, ICASSP, Speech Prosody, etc), pour le compte de comité de sélections universitaires, de l'ANR et de l'AERES.

## Contrats de recherche et valorisation

### Conventions et contrats de collaboration

Le groupe a en moyenne 6 ou 7 contrats actifs en permanence, de type européen, ANR ou industriel (ATIP CNRS « Prosodie », projet AMPER, Partenariat Hubert Curien Pessoa, ANR-GV-LEX, ANR-2PIM, ANR-Corsaire, ANR-Sound Delta, ANR-Navig, FEDER ORJO, Orange R&D, A-Volute, Arkamys, Sonic émotion, projet PLOREAV) . Ces contrats financent en particulier les doctorants.

### Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
01/12/2004	31/03/2008	CRTF	Autre	Collaboration de recherche	A-Volute	Katz Brian	Katz Brian	36 000,00
01/01/2006	31/12/2008		ATIP	Collaboration de recherche	CNRS	Rilliard Albert	Rilliard Albert	10 000,00
01/12/2006	30/08/2009	2PIM/MI3	RIAM	Collaboration de recherche	ANR	De Laubier Serge	D'Alessandro Christophe	37 410,87
01/12/2006	30/11/2009	SOUND DELTA	RIAM	Collaboration de recherche	ANR	Georges-françois David	Katz Brian	135 506,76
02/04/2007	01/04/2010		Autre	Collaboration de recherche	Arkamys	Katz Brian	Katz Brian	44 251,70
01/05/2007	30/04/2009	PLOREAV	PEPS	Collaboration de recherche	CNRS	Christophe Jouffrais	Katz Brian	7 000,00
09/05/2007	08/05/2009		Autre	Accord de secret	University of York	Katz Brian	Katz Brian	0,00
01/04/2008	30/03/2009	mesures sur maquettes acoustiques	Autre	Accord de secret	Kahle Acoustics	Katz Brian	Katz Brian	0,00
15/12/2008	30/11/2011	GV-Lex	CONTINT	Collaboration de recherche	ANR	Gelin Rodolphe	D'Alessandro Christophe	202 807,00

01/01/2009	31/12/2011	NAVIG	TecSan	Collaboration de recherche	ANR	Jouffrais Christophe	Katz Brian	263 802,00
01/02/2009	31/01/2014	Technologies acoustiques	Autre	Accord de secret	Sonic Emotion	Katz Brian	Katz Brian	0,00
12/01/2010	11/07/2010	prêt LSE	Autre	Accord de secret	Arkamys	Katz Brian	Katz Brian	0,00

## Production scientifique

### Thèses

1. Greff, R. (2008). *Holophonie binaurale - Spatialisation sonore sur réseaux de haut-parleurs circumauraux*. Doctorat, Université Paris 6/LIMSI.
2. Le Beux, S. (2009). *Contrôle gestuel de la prosodie et de la qualité vocale*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.

### Revue à comité de lecture

1. Afonso, A., A. Blum, B. F. G. Katz, P. Tarroux, G. Borst and M. Denis (2010). "Structural properties of spatial representations in blind people : scanning images constructed from haptic exploration or from locomotion in a 3-D audio virtual environment." *Memory & Cognition* **38**: 591-604.
2. Chisari, N. E., G. Artana and D. Sciamarella (2009). "Experimental and numerical study of patterns in laryngeal flow." *Journal of Physics Conference Series* doi:10.1088/1742-6596/166/1/012013 **166**: 012013\_1-012013-7.
3. Contini, M., J. P. Lai, A. Rilliard, A. Romano, R. L. Coimbra and L. De Castro Moutinho (2008). "La collaboration scientifique franco-portugaise : une constance dans l'orientation scientifique du centre de dialectologie de Grenoble." *Bollettino dell'Atlante Linguistico Italiano III Serie*(32): 205-214.
4. Erikson, D., T. Shochi, C. Menezes, H. Kawahara, K. I. Sakakibara and A. Rilliard (2009). "Nichi eigobogowasha niyuru kanjouonseichikaku no hikaku - kihonshuhasu igai no onkyotekitokusho kara erareru jouhou ni chumokushite." *Grammar and Speech VI (in Japanese)*: 13p.
5. Férey, N., J. Nelson, C. Martin, L. Picinali, G. Bouyer, A. Tek, P. Bourdot, J. M. Burkhardt, B. F. G. Katz, M. Ammi, C. Etchebest and L. Autin (2009). "Multisensory VR interaction for protein-docking in the CoRSAIRE project." *Virtual Reality* **13**(4): 273-293.
6. Mokhtari, A., S. Tabuchi, T. Shochi and A. Rilliard (2009). "A cross-linguistic and cultural comparison of perception for Japanese communication - A contrastive study between Japanese and French." *Enseignement du Japonais en France* **4**: 86-94.
7. Noisternig, M., B. F. G. Katz, S. Siltanen and L. Savioja (2008). "Framework for real-time auralization in architectural acoustics." *Acta Acustica united with Acustica* **94**: 1000 -1015.
8. Rilliard, A. (2009). "On the measurement of the perspective distance of prosodic social affects through its acoustic correlates." *Transaction on Technical Committee of Psychological and Physiological Acoustics, The Acoustical Society of Japan* **39**(6): 471-476.
9. Rilliard, A., T. Shochi, J. C. Martin, D. Erikson and V. Auberge (2009). "Multimodal indices to Japanese and French prosodically expressed social affects." *Language and Speech* **52**(2-3): 223-243.
10. Sciamarella, D. and G. Artana (2009). "A water hammer analysis of pressure and flow in the voice production system." *Speech Communication* **51**(4): 344-351.
11. Shochi, T., V. Auberge and A. Rilliard (2009). "Peut-on percevoir les attitudes japonaises avant la fin de phrase ? - test perceptif selon le paradigme de gating." *Enseignement du Japonais en France* **4**: 65-75.
12. Shochi, T., G. Gagné, A. Rilliard, D. Erickson and V. Auberge (2009). "Perception of prosodic French social affects for Japanese learners of French language." *Transaction on Technical Committee of Psychological and Physiological Acoustics, The Acoustical Society of Japan* **39**.
13. Tabuchi, S., T. Shochi, A. Mokhtari and A. Rilliard (2009). "Nihongo shigenkaiwa niokeru hatuwataido no ninshiki: Nihongobogowasha to kankokujin shokyugakushusha wo taishoni." *Grammar and Speech IV*: 13p.
14. Vézien, J. M., B. Ménélas, J. Nelson, L. Picinali, P. Bourdot, M. Ammi, B. F. G. Katz, J. M. Burkhardt, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). "Multisensory VR exploration for computer fluid dynamics in the CoRSAIRE project." *Virtual Reality* **13**(4): 257-271.

### Chapitres d'ouvrage

1. Boeffard, O. and C. D'Alessandro (2009). *Speech synthesis*. Spoken language processing. J. Mariani, John Wiley: 99-168.
2. D'Alessandro, C. (2009). *Speech analysis*. Spoken language processing. J. Mariani, John Wiley: 50p.
3. D'Alessandro, C., P. Boula De Mareuil, M. N. Garcia, G. Bailly, M. Morel, A. Raake, F. Bechet, J. Véronis and R. Prudon (2008). *La campagne EvaSy d'évaluation de la synthèse de la parole à partir du texte*. L'évaluation technologique dans le domaine du traitement automatique de la langue : l'expérience du programme technolangue. S. Chaudiron and K. Choukri, Hermès: 183-208.
4. Frissen, I., B. F. G. Katz and C. Guastavino (2010). *Effect of sound source stimuli on the perception of reverberation in large volumes*. Auditory display, LNCS 5954, Springer. **5954**: 358-376.

5. Jacquemin, C., R. Ajaj, S. Le Beux, C. D'Alessandro, M. Noisternig, B. F. G. Katz and B. Planes (2009). *The glass-organ : musical instrument augmentation for enhanced transparency*. Smart Graphics, LNCS 5531, Springer. 5531: 179-190.
6. Shochi, T., A. Rilliard, V. Auberge and D. Erickson (2009). *Intercultural perception of english, french and japanese social affective prosody*. The role of prosody in affective speech. S. Hancil, Peter Lang Publishing Group. 97: 22-55.

### Conférences à comité de lecture

1. Audibert, N., V. Auberge and A. Rilliard (2008). *Emotions actées vs spontanées : variabilité des compétences perceptives*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
2. Audibert, N., V. Auberge and A. Rilliard (2008). *How we are not equally competent for discriminating acted from spontaneous expressive speech*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 693-696
3. Audibert, N., V. Auberge and A. Rilliard (2010). *Prosodic correlates for the discrimination of acted vs spontaneous expressive speech : a pilot study*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
4. Basley, J., L. Pastur, F. Lusseyran, T. Faure and N. Delprat (2009). *Investigation of the spatial organization of spectral dynamics in an incompressible cavity flow using time-resolved high-speed PIV*. 8th International Symposium on Particle Image Velocimetry. 4p
5. Bouchara, T., B. L. Giordano, I. Frissen, B. F. G. Katz and C. Guastavino (2010). *Effect of signal-to-noise ratio and visual context on environmental sound identification*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 11p
6. Bouchara, T., B. F. G. Katz, C. Jacquemin and C. Guastavino (2010). *Audio-visual renderings for multimedia navigation*. ICAD 2010. 16th International Conference on Auditory Display. 245-252
7. Boula De Mareuil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2008). *A diachronic study of prosody through French audio archives*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 531-534
8. Boula De Mareuil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2008). *Etude diachronique de l'accent initial au travers d'archives audio*. JEP 2008. 27e Journées d'Etude sur la Parole. 1621-1624
9. Boula De Mareuil, P., A. Rilliard and A. Allauzen (2009). *Perception of the evolution of prosody in the French broadcast news style*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 4p
10. Cadic, D., C. Boidin and C. D'Alessandro (2009). *Vocalic sandwich, a unit designed for unit selection TTS*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 2079-2082
11. Cadic, D., C. Boidin and C. D'Alessandro (2010). *Towards optimal TTS corpora*. LREC 2010. Seventh International Conference on Language Resources and Evaluation. 6p
12. D'Alessandro, C. (2008). *New paradigms for speech analysis and processing: the source-filter model revisited and gesture-controlled analysis-by-synthesis*. ISCA ITRW Speech Analysis and Processing for Knowledge Discovery. ??
13. D'Alessandro, C. (2008). *On the dynamics of the clavichord*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 1113. 1113
14. D'Alessandro, C. (2008). *Voicing documentation of a pipe organ*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 1113. 1307
15. D'Alessandro, C. (2010). *La parole comme mouvement : glossolalies chironomiques*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 1p
16. D'Alessandro, C., S. Le Beux and A. Rilliard (2010). *Contrôle gestuel du modèle source / filtre de production de la voix*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 4p
17. D'Alessandro, C., M. Noisternig, S. Le Beux, L. Picinali, B. F. G. Katz, C. Jacquemin, R. Ajaj, B. Planes, N. Strumel and N. Delprat (2009). *The ORA project : audio-visual live electronics and the pipe organ*. ICMC 2009. The 2009 International Computer Music Conference. 4p
18. De Moraes, J. A., A. Rilliard, B. Alberto and T. Shochi (2010). *Multimodal perception and production of attitudinal meaning in Brazilian Portuguese*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
19. Dramas, F., B. F. G. Katz and C. Jouffrais (2008). *Auditory-guided reaching movements in the peripersonal frontal space*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123. 1
20. Dramas, F., B. Oriola, B. F. G. Katz, S. Thorpe and C. Jouffrais (2008). *Designing an assistive device for the blind based on object localization and augmented auditory reality*. ASSETS 2008. Tenth International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. 263-264
21. Erikson, D., H. Chun-Fang, T. Shochi, A. Rilliard, J. Dang, R. Iwata and X. Lu (2008). *Acoustic and articulatory cues for Taiwanese, Japanese and American listener's perception of Chinese happy and sad speech*. 2008 Fall meeting of The Acoustic Society of Japan. 351-354
22. Erikson, D., A. Rilliard, T. Shochi, J. Han, H. Kawahara and K. I. Sakakibara (2008). *A cross-linguistic comparison of perception to formant frequency cues in emotional speech*. Oriental COCOSDA 2008.
23. Erikson, D., T. Shochi, H. Kawahara, A. Rilliard and C. Menezes (2008). *Formant lowering in spontaneous crying speech*. 156th Meeting of the Acoustical Society of America. Paru dans : The Journal of the Acoustical Society of America 124(4):2556, October 2008. 2556
24. Fek, M., N. Audibert, J. Szabo, A. Rilliard, G. Németh and V. Auberge (2008). *Multimodal spontaneous expressive speech corpus for Hungarian*. LREC 2008. 6th International Conference on Languages Resources and Evaluation. 6p

25. Greff, R. and B. F. G. Katz (2008). *Circumaural transducer arrays for binaural synthesis*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123. 1
26. Kahle, E., T. Wulfrank, Y. Jurkiewicz and B. F. G. Katz (2008). *Opera house reverberation times - Design considerations*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123. 1
27. Katz, B. F. G., I. Frissen and C. Guastavino (2009). *Perception of reverberation in large single and coupled volume*. ICAD 2009. 15th International Conference on Auditory Display. 5p
28. Katz, B. F. G. and E. Kahle (2008). *Auditorium of the morgan library, computer aided design and post-construction results*. 7th International Conference on Auditorium Acoustics. 123-130
29. Katz, B. F. G., E. Rio, L. Picinali and O. Warusfel (2008). *The effect of spatialization in a data sonification exploration task*. ICAD'08. 14th International Conference on Auditory Display. 7p
30. Katz, B. F. G., P. Truillet, S. Thorpe and C. Jouffrais (2010). *NAVIG: navigation assisted by artificial vision and GNSS*. PERVASIVE 2010. Workshop on Multimodal Location Based Techniques for Extreme Navigation. 4p
31. Krebs, F., G. Artana and D. Sciamarella (2010). *Glottal aperture modes and acoustic output in an in-vitro self-oscillating vocal-fold model*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 1-4
32. Le Beux, S., C. D'Alessandro and A. Rilliard (2010). *Calliphony : a tool for real-time gestural modification and analysis of intonation and rythm*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
33. Le Beux, S., B. Doval and C. D'Alessandro (2010). *Issues and solutions related to real-time TD-PSOLA implementation*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 6p
34. Mac, D. G., V. Auberge, A. Rilliard and E. Castelli (2010). *Perception interculturelle des attitudes audio-visuelles vietnamiennes*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 4p
35. Mac, D. K., V. Auberge, A. Rilliard and E. Castelli (2009). *Audio-visual prosody of social attitudes in Vietnamese : building and evaluating a tones balanced corpus*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 4p
36. Mac, D. K., V. Auberge, A. Rilliard and E. Castelli (2010). *Cross-cultural perception of Vietnamese audio-visual prosodic attitudes*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
37. Mariette, N. (2009). *Ambigrainer - A higher order ambisonic granulator in PD*. Ambisonics Symposium 2009. 6p
38. Mariette, N. (2009). *Navigation performance effects of render method and latency in mobile and audio augmented reality*. ICAD 2009. 15th International Conference on Auditory Display. 8p
39. Mariette, N. and B. F. G. Katz (2009). *Sounddelta - largescale, multi-user audio augmented reality*. EAA Symposium on auralization. 6p
40. Mariette, N., B. F. G. Katz, K. Boussetta and O. Guillerminet (2010). *Sounddelta : a study of audio augmented reality using wifi-distributed ambisonic cell rendering*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 15p
41. Ménélas, B., L. Picinali, B. F. G. Katz and P. Bourdot (2010). *Audio haptic feedbacks in a task of targets acquisition*. 3DUI 2010. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2010. 51-54
42. Ménélas, B., L. Picinali, B. F. G. Katz, P. Bourdot and M. Ammi (2009). *Haptic audio guidance for target selection in a virtual environment*. HAID'09. 4th International Haptic and Auditory Interaction Design Workshop. 12-13
43. Misdariis, N., A. Lang, B. F. G. Katz and P. Susini (2008). *Perceptual effects of radiation control with a multi-loudspeaker device*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123. 1
44. Noisternig, M. and B. F. G. Katz (2009). *Reconstructing sound source directivity in virtual acoustic environments*. IWPASH 2009. International Workshop on the Principles and Applications of Spatial Hearing. 4p
45. Noisternig, M., B. F. G. Katz and C. D'Alessandro (2008). *Spatial rendering of audiovisual synthetic speech used for immersive environment*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 3935. 3935
46. Noisternig, M., L. Savioja and B. F. G. Katz (2008). *Real-time auralization system based on beam-tracing and mixed-order ambisonics*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, ref 3939. 3939
47. Noisternig, M., M. R. Telsnig, F. Zotter and R. Höldrich (2008). *Messanordnung zur frequenzselektiven Beurteilung der richtungsbezogenen Bedämpfung der durch Verbrennungsmotoren angeregten Körperschallausbreitung mittels Active Vibration Control*. DAGA'08. 34 Jahrestagung für Akustik. 2p
48. Okamoto, T., D. Cabrera, M. Noisternig, B. F. G. Katz, Y. Iwaya and Y. Suzuki (2010). *Improving sound field reproduction in a small room based on higher-order ambisonics with a 157-loudspeaker array*. Ambi2010. 2nd International Symposium on Ambisonics and Spherical Acoustics. ??
49. Okamoto, T., B. F. G. Katz, M. Noisternig, Y. Iwaya and Y. Suzuki (2009). *Implementation of real-time room auralization using a surrounding 157 loudspeaker array*. IWPASH 2009. International Workshop on the Principles and Applications of Spatial Hearing. 4p
50. Okamoto, T., B. F. G. Katz, M. Noisternig, Y. Iwaya and Y. Suzuki (2009). *Implementation of real-time room auralization using a surrounding loudspeaker array*. VRSJ2009. The 14th Conference of the Virtual Reality Society of Japan. 4p
51. Parsehian, G., A. Brilhault and F. Dramas (2010). *NAVIG: an object localization system for the blind*. PERVASIVE 2010. Workshop on Multimodal Location Based Techniques for Extreme Navigation. 2p
52. Picinali, L., B. F. G. Katz, A. Afonso and M. Denis (2008). *Creazione di un sistema di realta virtuale per soggetti non vedenti : confronto tra due diverse tecniche di registrazione audio in 3D e progettazione di un modello acustico per la navigazione*. 35th National Congress of the Associazione Italiana di Acustica. 8p

53. Picinali, L., B. F. G. Katz, A. Afonso and M. Denis (2009). *Creazione di un sistema di realtà virtuale per soggetti non vedenti, parte II : confronto tra navigazione reale e navigazione virtuale in un modello acustico 3D*. 36° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica. 8p
54. Picinali, L., B. Ménélas, B. F. G. Katz and P. Bourdot (2010). *Evaluation of a haptic / audio system for 3-D targeting tasks*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 11p
55. Rebillat, M., E. Corteel and B. F. G. Katz (2008). *SMART-I2 "Spatial multi-user audio-visual real-time interactive interface"*. 125th AES Convention. 16p
56. Rebillat, M., E. Corteel and B. F. G. Katz (2009). *SMART-I2 : spatial multi-user audio-visual real-time interactive interface, a broadcast application context*. 3D-TV Conference 2009. 16p
57. Rebillat, M., R. Hennequin, E. Corteel and B. F. G. Katz (2010). *Prediction of harmonic distortion generated by electro-dynamic loudspeakers using cascade of Hammerstein models*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 10p
58. Rilliard, A. and J. P. Lai (2008). *Outils pour le calcul et la comparaison prosodique dans le cadre du projet AMPER - l'exemple des variétés Occitane et Sarde*. Actes du Symposium International sur la Variation Diatopique de l'Intonation dans le Domaine Roumain et Roman. 217-229
59. Rilliard, A., J. C. Martin, V. Auberge and T. Shochi (2008). *Perception of French audio-visual prosodic attitudes*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 685-688
60. Schonstein, D., L. Ferré and B. F. G. Katz (2008). *Comparison of headphones and equalization for virtual auditory source localization*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : JASA, Vol 123, n°5, ref 3724. 3724
61. Schonstein, D. and B. F. G. Katz (2010). *Sélection de HRTF dans une base de données en utilisant des paramètres morphologiques pour la synthèse binaurale*. CFA 10. 10ème Congrès Français d'Acoustique. 7p
62. Schonstein, D. and B. F. G. Katz (2010). *Variability in perceptual evaluation of HRTFs*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 11p
63. Shochi, T., D. Erickson, A. Rilliard, V. Auberge and J. C. Martin (2008). *Recognition of Japanese attitudes in audio-visual speech*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 689-692
64. Shochi, T., D. Erikson, A. Rilliard, K. Sekiyama and V. Auberge (2009). *Japanese children's perception for audio-visual prosody of social politeness*. 10th National Conference on Man-Machine Speech Communication - International Symposium on Asian Speech Resources. ??
65. Shochi, T., D. Erikson, K. Sekiyama, A. Rilliard and V. Auberge (2009). *Comparison between Japanese children and adults perception of prosodic politeness expressions*. 157th Meeting, Acoustical Society of America. Paru dans : Proceedings of Meetings on Acoustics, Vol 6 (1). 7p
66. Shochi, T., D. Erikson, K. Sekiyama, A. Rilliard and V. Auberge (2009). *Japanese children's acquisition of prosodic politeness expressions*. Interspeech 2009. 10th Annual Conference of the International Speech Communication Association. 4p
67. Shochi, T., G. Gagnié, A. Rilliard, D. Erickson and V. Auberge (2010). *Learning effect of French prosodic social affects for Japanese learners of French language*. SP 2010. International Conference : Speech Prosody 2010. 4p
68. Shochi, T., A. Rilliard, D. Erikson and J. C. Martin (2008). *Perception interculturelle des affects sociaux japonais et français*. 3eme Workshop sur les Agents Conversationnels Animés, 28 novembre 2008. 8p
69. Sturmel, N., C. D'Alessandro and F. Rigaud (2009). *Glottal closure instant detection using lines of maximum amplitudes (LOMA) of the wavelet transform*. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing 2009. 4517-4520
70. Zotter, F., A. Schmeder and M. Noisternig (2008). *Crosstalk cancellation for spherical loudspeaker arrays*. DAGA'08. 34 Jahrestagung für Akustik. 2p

#### Congrès sans actes, workshops

1. D'Alessandro, C. (2009). *The acoustics of tangent-string interaction in the clavichord, with a comparison to hammer-string interaction in the fortepiano*. 9th International Clavichord Symposium: 1p.
2. Jacquemin, C., R. Ajaj, S. Le Beux, C. D'Alessandro, M. Noisternig, B. F. G. Katz and B. Planes (2009). *The glass organ : musical instrument augmentation for enhanced transparency*. 9th International Symposium on SmartGraphics 2009: 12p.

JEAN-PAUL SANSONNET

## Introduction

Le groupe « Architecture et Modèles pour l'Interaction » (AMI), créé en 2000, a pour objet d'étude les phénomènes d'interaction entre les humains et les machines informatiques. L'Interaction, initialement associée à l'étude des Interfaces Homme/Machine (IHM), concerne aujourd'hui de nouvelles catégories d'utilisateurs, de nouvelles catégories d'outils d'interface et de nouvelles catégories de situations interactionnelles. Les nouveaux utilisateurs des systèmes informatiques sont en effet très majoritairement des personnes du « grand public » ayant des connaissances très basiques en informatique. Leurs rapports avec les objets informatiques sont liés à la notion de consommation : sporadiques, socio-ludiques voire émotionnels.

Tous les jours de nouveaux outils d'interface sont ainsi proposés pour élargir le champ strict du paradigme « clavier-souris-fenêtre ». Ainsi la Réalité Augmentée enrichit l'espace physique avec des informations du monde numérique alors que l'Ambiant capture les informations physiques et physiologiques dans le monde réel. Parce que les usagers et les outils ont changé, on entre dans un nouveau monde où les possibilités interactionnelles foisonnent, où les situations interactionnelles se multiplient : l'espace socio-ludique offre une nouvelle sphère conversationnelle mixant les individus actuels et virtuels; l'espace ambiant offre une nouvelle sphère physique mixant les phénomènes matériels et les phénomènes informationnels.

Cette nouvelle donne débouche sur une grande richesse de problématiques, souvent clairement renouvelées. Notre objectif est donc d'explorer les nouveaux contextes et outils interactionnels afin de faire émerger les concepts et les questions scientifiques ressortissant à la notion d'Interaction. Pour cela, il nous faut prendre en compte un nombre élargi de paramètres, en particulier au niveau de l'ergonomie et de la cognition humaine ce qui impose une recherche interdisciplinaire. Ces thématiques de recherches transversales sont soutenues autant par l'origine interdisciplinaire des membres et des doctorants de AMI que par les collaborations avec des chercheurs d'autres disciplines au sein du LIMSI mais aussi dans d'autres laboratoires.

## Présentation de la recherche

Afin de prendre en compte l'évolution rapide de la problématique de l'Interaction, en 2010 le groupe AMI a effectué une restructuration thématique qui s'organise autour de trois thèmes principaux :

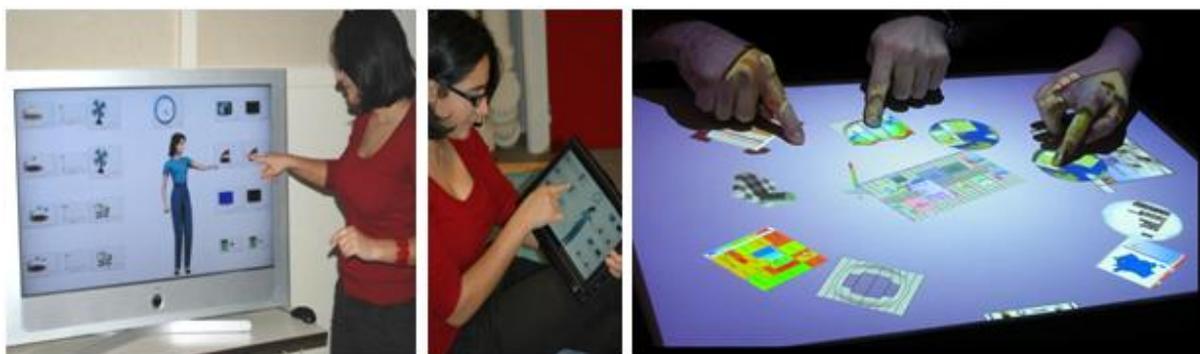
- le thème « Modalités Interactions et Ambient » (MIA) centré sur les questions liées à la 'physicalité' des interactions.
- le thème « Agents Conversationnels Animés et Humains Virtuels » (ACA&HV) centré sur les questions liées à la 'conversationnalité' des interactions.
- le thème « Virtualité Interaction Design et Art » (VIDA) centré sur les échanges interdisciplinaires féconds entre d'une part ces nouveaux modes d'interaction et d'autre part le champ du Design et des Arts qui prend une place sociale et économique de plus en plus importante.

Les membres du groupe AMI participent largement à ces trois thèmes, qui dépassent la frontière du groupe, comme par exemple VIDA, pour de nombreuses collaborations avec les chercheurs du LIMSI.

### Thème « Modalités Interactions et Ambient » (MIA)

*M. Ammi, Y. Bellik, J.-P. Sansonnet, W. Turner, F. Vernier, G. Besacier, J. Chaboissier, J. Garcia Flores, A. Mohamed, P. Huynh-Phong, G. Pruvost, J. Simard.*

Le thème « Modalités Interactions et Ambient » (MIA) étudie de prime abord les nouvelles modalités d'interaction Homme-Machine qui sortent du cadre classique de l'IHM des stations de travail ainsi que la mise en œuvre et l'orchestration de ces modalités aussi bien pour un usager donné que dans le cadre de l'interaction collaborative. Les environnements ambiants constituent un cadre fédérateur privilégié (mais pas exclusif) pour ces différentes études qui se déclinent sur trois axes : interaction haptique, interaction ambiante et socio-informatique.



*Modalité tactile exprimée dans diverses situations d'ambient*

## Interaction haptique

L'objectif de la recherche est d'explorer le potentiel de la modalité haptique (quelle soit tactile ou à retour de force) pour le développement de nouveaux modèles d'interaction. L'étude de la modalité haptique a été déployée dans plusieurs situations où elle apporte une dimension supplémentaire :

- l'interaction avec les systèmes physiques, développée en collaboration avec le Département de Mécanique du LIMSI, permet à des experts en Mécanique la caractérisation plus intuitive de systèmes physiques qui ne sont plus seulement 'vus' sous forme graphique mais deviennent 'tangibles' (par exemple pour des écoulements en mécanique des fluides ou pour l'exploration de l'espace des états d'un système dynamique).
- l'exploitation du geste et du retour d'effort pour la synthèse vocale, développée en collaboration avec le groupe Audio-Acoustique, permet aux experts acousticiens une génération et un contrôle intuitif d'un phonétoگرامme via une perception active des grandeurs qui le composent (par exemple, les limites des domaines de variation, la sensation des périodicités, les régimes vibratoires de la glotte).
- Dans les Environnements Virtuels Collaboratifs (EVC), alors que la majorité des travaux actuels limitent l'utilisation de la modalité haptique à la perception des dimensions physiques des environnements ou encore pour leur contrôle gestuel, nous l'introduisons au niveau même du canal de communication entre les utilisateurs.
- Les surfaces interactives remettent en question le paradigme matériel écran-clavier-souris (les doigts remplacent la souris) mais également le paradigme logiciel WIMP (Windows-Icon-Menu-Pointer) car l'interaction directe s'affranchit du pointeur. L'objectif ici est de mettre au point des techniques d'interaction tactiles fortement couplées qui visent à compenser les défauts actuels des surfaces interactives (précision, orientations multiples, éloignement du contenu, etc.) mais également à optimiser les avantages des surfaces interactives (collaborations entre utilisateurs, gestes multi-tactiles, présence ubiquitaire sous forme de table, etc.). La méthodologie utilisée consiste à concevoir des applications porteuses de défis (défi de rapidité comme un jeu, défi de collaboration comme une séance de créativité, défi de diversité comme une régie de spectacle) puis de tenter de généraliser les techniques interactives, de les tester en dehors du contexte précis de leur invention et finalement de capitaliser la conception logicielle dans une boîte à outils d'IHM.
- La modalité haptique peut également jouer un rôle crucial dans le cas où les usagers ont des déficiences ou des handicaps, par exemple pour des non-voyants. Le système support peut être mobile, comme par exemple la canne laser Télétact développée en collaboration avec le laboratoire Aimé Cotton, ou une station de travail classique, comme par exemple dans l'étude menée en collaboration avec l'École de Technologie Supérieure de Montréal afin de faciliter l'accès aux formules mathématiques par une personne aveugle.

## Interaction ambiante

De par leur nature diffuse, dynamique et hétérogène, les environnements ambiants requièrent l'exploration de nouvelles métaphores d'interaction. Considérant l'importance de ce domaine de recherche, le LIMSI a souhaité se doter d'une plate-forme expérimentale pour l'étude des interactions en milieu ambiant. Cela a débouché en 2007 sur le projet de « Pièce Intelligente » ou IRoom, mené en collaboration avec Supélec, qui se focalise sur l'étude de la multimodalité (en entrée et sortie). La diversité des interactions qu'offrent les interfaces multimodales, leur flexibilité et leur caractère intuitif et naturel, les rendent aptes à

cibler différentes catégories d'utilisateurs, à s'accommoder des fréquentes modifications que peut subir l'environnement physique de l'interaction et à exploiter de façon optimale les ressources physiques des systèmes qui les accueillent. C'est pourquoi la problématique de la multimodalité se trouve renouvelée et joue un rôle central dans le contexte des environnements ambiants. Le projet IRoom a été l'élément déclencheur pour plusieurs collaborations à l'intérieur et à l'extérieur du LIMSI :

- Dans le cadre du projet européen ATRACO, mené en collaboration avec des partenaires allemands, anglais et grecs, nous développons une architecture logicielle de gestion adaptative des modalités prenant en compte les contraintes de l'ambiant.
- Le projet AmbientLoop, mené en collaboration avec Supélec, est tourné vers l'étude des capteurs d'ambiant pour effectuer les diagnostics sur le bon déroulement des tâches du système et des tâches de l'utilisateur.
- L'étude Contextual Vision, menée en collaboration avec le groupe CPU du LIMSI, est centrée sur la question de la mise en relation lieu-objet et à l'identification des objets en contexte. Le système de localisation UbiSense de la IRoom est utilisé pour l'acquisition des modèles probabilistes de distribution de divers objets dans une pièce.
- En relation avec le thème ACA du groupe AMI, nous développons un agent animé adaptatif en ambiant (intégration de l'outil DIVA et de la plateforme MARC). Un tel agent est capable de faire des références (gestes de désignation) vers des objets ou des individus du monde physique et d'adapter son comportement (direction du regard, orientation, posture, distance interpersonnelle, etc.) en fonction de la localisation physique des entités visées.

### Socio-informatique

La nouveauté des recherches en socio-informatique s'explique, d'une part, par l'évolution de l'informatique vers l'incorporation de fortes capacités de calcul dans les objets usuels de notre environnement et, d'autre part, par une prise de conscience grandissante en sociologie du rôle que jouent ces objets usuels dans l'articulation des identités, des pratiques et des manières différentes d'agir ensemble. La question posée est donc double : de savoir comment les objets MIA contribuent (ou non) à l'organisation des activités collectives et d'utiliser, en retour, la connaissance de leur action pour concevoir des nouveaux objets MIA à plasticité renforcée, en d'autres mots plus aptes à apprendre le comportement des usagers, à s'adapter aux exigences de la situation et à interagir avec une fluidité multimodale pertinente.

L'action des objets MIA sur la configuration des activités collectives est étudiée en milieu naturel (domicile, transport, bureaux...) en tirant partie des traces informatiques produites lors de leur usage. Trois objectifs sont visés :

- traiter les questions éthiques que soulève la traçabilité d'actions individuelles à l'insu de la personne ;
- construire des tableaux de bord dynamiques permettant de représenter à partir de l'exploitation en temps réel des logs, la modification des comportements collectifs en présence des objets MIA ;
- se servir de ces tableaux de bord pour augmenter la capacité d'articuler les pratiques collectives en exploitant efficacement la plasticité élevée des objets MIA.

Afin de qualifier l'efficacité des objets MIA, trois démarches disciplinaires sont utilisées. La première est informatique et vise à contrôler la fiabilité de la représentation des usages obtenue à partir du traitement des logs. La deuxième est sociologique et vise à contrôler par des enquêtes *in situ* l'acceptabilité sociale d'infrastructures ambiantes ayant pour ambition d'articuler les pratiques, les identités et les manières d'agir. La troisième, enfin, porte sur l'utilisabilité ergonomique des objets MIA en contexte d'usage collectif, et se sert de la IRoom du LIMSI pour explorer les conditions à réunir ('affordabilité', adaptabilité, apprentissage, multimodalité) pour améliorer cette utilisabilité.

### Thème « Agents Conversationnels Animés et Humains Virtuels » (ACA&HV)

*M. Ammi, C. Jacquemin, J-C. Martin, J-P. Sansonnet, W. Turner., F. Bouchet, C. Clavel, M. Courgeon, D. Leray, N. Tan, C. Zakaria*

Un Agent Conversationnel Animé est un personnage virtuel capable d'interagir avec l'utilisateur en utilisant des comportements verbaux et non verbaux permettant une interaction *face à face*. C'est donc une interface représentée à l'écran par un personnage réaliste ou « cartoon » utilisant la parole, les gestes, les postures, le regard, ... Les agents animés visent une interaction naturelle et intuitive dont l'intérêt a déjà été montré dans certaines situations interactionnelles (pédagogiques, ludiques et artistiques). Ils représentent cependant un défi pluridisciplinaire à long terme qui soulève de nombreuses questions y compris en termes sociétaux (par exemple communautés interagissant par des échanges documentaires pouvant bénéficier de nouvelles interactions multimodales affectives pour l'approfondissement des liens sociaux).

Ces agents doivent être capables notamment de 1) raisonner de manière rationnelle sur le contexte d'interaction par exemple dans des applications d'assistance (l'état de la tâche en cours, les profils des acteurs en interaction, la session dialogique...), et 2) **interagir affectivement** en fonction du contexte, par exemple via les expressions faciales et la posture.



*Plateforme d'agents émotionnels MARC pour l'édition et le rendu temps-réel de personnages virtuels.*

### **Interaction Affective Multimodale**

La psychologie suggère que les émotions ont une importance primordiale dans les interactions humaines. L'expression traitement informatique des émotions (Affective Computing) a été introduite par R. Picard en 1997 au MIT Media Lab. Cela consiste à reconnaître, comprendre et utiliser les émotions humaines dans la conception des systèmes informatiques. Notre recherche vise dans ce cadre à définir des modèles informatiques de l'interaction affective.

L'Interaction Affective Multimodale vise à modéliser, à concevoir puis à évaluer des personnages et des humains virtuels interactifs pouvant gérer des émotions de base (colère, joie, surprise, dégoût, tristesse, peur) mais aussi d'autres états affectifs (émotions sociales comme le reproche, les humeurs, les attitudes interpersonnelles...). Pour cela il faut pouvoir simuler différents comportements humains comme, par exemple, les états affectifs à différents niveaux temporels, les comportements sociaux, les expressions non-verbales, la personnalité. Cela passe par l'évaluation cognitive de la situation, la génération de comportements multimodaux et leur réalisation par l'animation graphique de personnages (avec différents niveaux de réalisme). On peut alors les intégrer dans des systèmes mixtes (agents/humains) pour des applications collaboratives comme l'assistance, les jeux sérieux, le handicap etc. Des tests perceptifs et des évaluations sont nécessaires pour valider par exemple que les comportements générés transmettent bien l'émotion souhaitée, ou que l'agent expressif améliore l'interaction en termes objectifs ou subjectifs.

Le groupe AMI développe la plateforme d'agents affectifs MARC et l'utilise dans plusieurs expérimentations sur la perception et plusieurs applications (projets CARE, projet autisme, applications artistiques, ...). Cette plateforme permet d'animer en temps réel des personnages semi-réalistes en fonction de différents modèles émotionnels (catégoriels, dimensionnels, évaluation cognitive du contexte émotionnel selon différents critères successifs) et de différentes modalités expressives comme les expressions faciales et les postures.

Une approche expérimentale est développée dans le thème. Ainsi les comportements non-verbaux des agents sont inspirés par la littérature interdisciplinaire (Psychologie, Informatique Graphique, Systèmes Multi-Agents), complétées par des modèles plus contextuels grâce à des corpus multimodaux (vidéo, capture de mouvements, recueil de dialogues, ...). De plus les comportements non-verbaux des agents animés sont évalués systématiquement lors de tests perceptifs.

### **Agents Assistants**

La problématique des Agents Assistants consiste à partir des interactions naturelles (essentiellement la Langue Naturelle) et des interactions formelles (essentiellement les actions des usagers via l'interface des applications informatiques), puis à modéliser les comportements dialogiques des humains ou des agents artificiels en vue de construire des outils d'assistance pertinents, plus spécialement dédiés aux personnes

novices (usagers des applications de type 'grand public'). Au plan scientifique, la problématique des Agents Assistants est étudiée selon deux directions de recherche :

- L'analyse de requêtes en Langue Naturelle, effectuée à partir du corpus de requêtes déjà recueilli, vise à définir un outil capable de transcrire les énoncés des usagers novices en un langage formel de requêtes d'assistance. Ce travail s'accompagne de la volonté de travailler dans le cadre de l'Internet (domaine où l'assistance aux personnes du 'grand public' devient un sujet crucial) et qui impose ses propres contraintes. Dans ce cadre nous avons développé le logiciel DIVA, dédié au support à la recherche et à l'expérimentation d'Agents Conversationnels Animés dans le contexte de l'Internet ; cet outil a été utilisé dans le cadre de plusieurs collaborations aussi bien au plan local (thème MIA, thème ILES-TALS) qu'international (COFECUB PRAIA, Coopération universitaire Paris11/Wuhan).
- L'étude du comportement rationnel et psychologique d'agents assistants a pour objectif de définir un moteur de comportement générique pour un agent rationnel a) endossant différents rôles liés à la fonction d'assistance (agents présentateurs, agents pour l'aide technique, compagnons ou adversaire de jeux, secrétaires, tuteurs, 'coachs' etc.) pour des usagers des applications et services dans l'Internet b) capable de traiter les requêtes d'assistance formelles, d'une manière rationnelle (résolution de requêtes au sens de l'Intelligence Artificielle) mais aussi selon une personnalité psychologique adaptée au rôle endossé.

En termes d'interaction affective, nous étudions différentes modalités et dispositifs d'entrée : parole (projet ANR Affective Avatars), haptique, traitement d'images (utilisation du logiciel Noldus FaceReader).

Les questions de recherche que nous abordons dans ce cadre portent sur : l'expression et la perception multimodale des émotions par les utilisateurs et par l'ordinateur ; la génération multimodale de comportements expressifs en situation d'interaction ; les dispositifs pour le contrôle gestuel facial. Ces études sont menées conjointement à des collaborations au LIMSI mais aussi au plan national et international (réseau d'excellence et association internationale HUMAINE sur les émotions) qui dessinent les cadres théoriques et applicatifs pluridisciplinaires : les agents rationnels et comportementaux (Cf. ci-dessus) ; les personnages situés en environnement ambiant (intégration de MARC dans l'Iroom ; les arts virtuels et augmentés (projet ANR CARE lié au thème VIDA) ; les robots humanoïdes et leur expression posturale des émotions (projet ANR GV Lex); les agents pédagogiques (Projet COFECUB PRAIA), les applications thérapeutiques (projet Autisme financé par la Fondation de France et La Fondation Adrienne et Pierre Sommer faisant partie d'un projet sur les environnements virtuels pour l'entraînement socio-cognitif (projet EVESCA, coordonné par O. Grynszpan), les études sur la perception humaine (en collaboration avec M.-A. Amarin du STAPS), et la représentation symbolique des interactions sociales et de leurs expressions non-verbales (projet Cap Digital HD3D2).

## Thème « Virtualité Interaction Design et Art » (VIDA)

*M. Ammi, E. Frenoux, C. Jacquemin, J.-C. Martin, A. Osorio, J.-P. Sansonnet, F. Vernier, R. Ajaj, T. Bouchara, W. K. Chan, M. Courgeon, S. Fdili Alaoui*

*Autres groupes LIMSI : C. d'Alessandro (AA), F. Darses (CPU), N. Delprat (AA), B. Katz (AA), J. Mariani (TLP), E. Piotelat (AMIC), M. Rebillat (AA), A. Rilliard (AA).*

Le thème « Virtualité Interaction Design et Art » (VIDA), porté depuis son origine en Avril 2006 au LIMSI par le groupe VENISE, a rejoint le groupe AMI en 2010. Ce thème regroupe les collaborations entre les domaines scientifiques et ceux de la création allant des activités artistiques aux champs plus appliqués du design, du jeu vidéo ou de l'architecture. Cette recherche repose sur de nombreux partenariats avec d'autres laboratoires scientifiques en Sciences pour l'Ingénieur ou en Sciences Humaines, avec des artistes, avec des institutions culturelles et scientifiques ou avec des institutions du monde éducatif telles que des écoles d'arts ou d'architecture. Le thème VIDA a pour objectif d'étudier les rapports bidirectionnels entre les enjeux de l'interaction (tels qu'ils apparaissent aussi dans les thèmes MIA et ACA) ainsi que les recherches développées dans les autres groupes du LIMSI et les concepts issus du monde du design, de l'architecture et des arts. Ceci se décline selon quatre axes de recherche interdisciplinaires.



*Projets artistiques développés dans le cadre de VIDA.*

## **Réalité augmentée et virtuelle**

La réalité augmentée et virtuelle est amenée à jouer un rôle important pour les arts du spectacle, l'architecture et les arts plastiques. Les thèmes de recherche portent notamment sur la notion de présence et de trace et la continuité entre les espaces physiques et numériques. Nous avons, en particulier, conduit des travaux sur la continuité de l'ombre, de la lumière, de la perspective et de l'espace sonore. La réalité augmentée ne concerne pas seulement les espaces intérieurs, elle est désormais fréquemment utilisée pour l'augmentation de l'espace urbain ou architectural avec la Réalité Augmentée Spatiale. Cela consiste à transformer la vision du monde physique par superposition d'images numériques par vidéo projection qu'elle soit fixe ou mobile. Dans ce cadre, nous avons développé le projet « Orgue et Réalité Augmentée » à l'Eglise Ste Elisabeth en Mai 2008 [1] sur l'augmentation numérique audio et graphique d'un instrument de musique classique monumental, lors d'une collaboration entre les groupes AMI et AA. Ce projet a ensuite servi de base à la réalisation d'une expérimentation de Réalité Augmentée Mobile à partir d'un navire sur les quais de Seine Est en Juin 2009 [2]. Le projet Toute La Lumière Sur L'Ombre [3] en collaboration entre les groupes AMI et VENISE et les Compagnies de théâtre didascalie.net et L'Ange Carasuelo vise à utiliser l'ombre comme espace d'augmentation du monde physique, alors que le projet Genius Loci [4] en lien avec le laboratoire MAP GAMSAU, La Chartreuse et la compagnie Laboratoire Victor Vérité ajoute des hypothèses virtuelles au sein de bâtiments historiques.

## **La multimodalité**

La multimodalité en Communication Homme-Machine a des applications dans de nombreux domaines artistiques tels que le design, les arts plastiques, le théâtre et la danse. Ces disciplines artistiques ouvrent de nouveaux champs thématiques pour les recherches sur l'interaction parce que les conditions d'utilisation et d'évaluation des dispositifs diffèrent de ceux des environnements de bureau ou de laboratoire. Les activités de recherche qui peuvent bénéficier d'une confrontation avec les domaines artistiques sont nombreuses, elles concernent entre autres :

- le domaine des agents virtuels avec les personnages virtuels et l'expression des émotions, ainsi que la théorie de l'acteur,
- le domaine de la multimodalité avec la communication tactile (interacteurs multipoints) ou haptique pour les installations artistiques interactives, les environnements multimodaux interactifs et la notion de navigation audio-graphique,
- les recherches sur la musique avec les nouveaux instruments et l'augmentation des instruments traditionnels, ainsi que les travaux qui concernent la voix, le chant et la parole expressive dans les arts du spectacle.

Ces recherches sont liées à deux projets ANR :

- le projet CARE [5], qui associe plusieurs laboratoires universitaires, le Muséum de Toulouse et les ballets de Biarritz sur la Réalité Augmentée et la reconnaissance des émotions ;
- le projet SoundDelta [6], qui fait collaborer un compositeur, une association de production d'installations sonores et des laboratoires universitaires sur la réalisation d'espaces sonores avec un rendu spatialisé individualisé.

## **La matérialité virtuelle**

La matérialité virtuelle est une thématique de recherche qui permet de faire le lien entre art, Sciences Humaines et Sciences pour l'Ingénieur. Elle s'exprime à travers les notions de simulation réaliste du ressenti visuel et audio d'une matière, de la relation corps-espace et de l'expérimentation cognitive de nouvelles

contraintes physiques. De façon plus large, cette recherche ouvre au questionnement philosophique sur l'imaginaire imagé et l'esthétique du virtuel. Cette thématique a fortement contribué à l'organisation de la conférence *Simulation Technologique et Matérialisation Artistique (STMA) : une exploration transdisciplinaire arts/sciences* à Bétonsalon - centre d'art et de recherche en 2009 [7] en collaboration avec plusieurs laboratoires et des artistes individuels. Actuellement, le projet NUAGE réunit chercheurs en sciences humaines et sciences pour l'ingénieur, ainsi que des artistes autour de la problématique de l'expérimentation virtuelle d'une matière [8].

### Le design et l'ergonomie

Enfin, l'étude des usages et des facteurs humains, les processus de conception, de création et d'innovation, et l'expérience esthétique sont aussi des domaines qui peuvent profiter des 'inputs' issus des domaines artistiques. Ce thème de recherche est au cœur du projet ANR Topophonie [9] qui réunit l'IRCAM, l'ENSCI et d'autres partenaires industriels autour du thème de la navigation audio et graphique dans des espaces graphiques et sonores granulaires.

Le thème VIDA est un thème collaboratif par excellence sur des complémentarités entre audio et graphisme spatialisé, entre monde virtuel et simulation, entre avatars affectifs et voix expressive, etc. Il a permis de créer et de renforcer des collaborations tant à l'intérieur des groupes du laboratoire qu'entre les membres de différents groupes. Ce thème a également pour mission d'organiser des événements sur les thématiques arts/sciences et d'alimenter la réflexion amont autour de ces sujets.

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Mehdi	Ammi	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Yacine	Bellik	Ens-Ch	MC HdR	U-PSud	1
Dominique	Béroule	Ch	CR1	CNRS	1
Emmanuelle	Frenoux	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Christian	Jacquemin	Ens-Ch	Pr1	U-PSud	1
Jean-Claude	Martin	Ens-Ch	Pr2	U-PSud	1
Angel	Osorio Sainz	Ch	DR2	CNRS	1
Laurent	Pointal	ITA	IE1C	CNRS	0,5
Jean-Paul	Sansonnet	Ch	DR1	CNRS	1
William	Turner	ITA	IRHC	CNRS	1
Frédéric	Vernier	Ens-Ch	MC	U-PSud	1

### Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Guillaume	Besacier	Informatique	U-PSud	01/10/2006
Francois	Bouchet	Informatique	U-PSud	01/10/2006
Julien	Nauroy	Informatique	U-PSud	01/10/2006
Fadi	Abdin	STITS	U-PSud	01/12/2006
Sonia	Dahdouh	Informatique	U-PSud	01/10/2007
Gaëtan	Pruvost	Informatique	U-PSud	01/09/2008
Matthieu	Courgeon	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Jonathan	Chaboissier	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Jean	Simard	Informatique	U-PSud	01/10/2008
Ning	Tan	Informatique	U-PSud	01/12/2008
Sarah	Fdili Alaoui	Informatique	U-PSud	01/10/2009

Hui	Ding	Informatique	U-PSud	01/11/2009
Ahmed	Mohamed	STITS	U-PSud	01/11/2009
Ahmad	Hasasneh	Informatique	U-PSud	02/11/2009

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Jorge	Garcia-Flores	CDD
Chahnez	Zakaria	Post-Doc

## Participation à des instances

### Instances d'évaluation ou d'expertise

#### M. Ammi est

- Participant à l'animation du Special Interest Group of Haptics à EuroVR
- Reviewer de : IEEE Transaction on Robotics, IEEE Transaction on Haptics, IEEE Transaction on Systems man and Cybernetics, Journal of Micro-Nano Mechatronics, IEEE ICRA, IEEE IROS, IEEE ICASE, IEEE ROMAN, WordHaptics, EuroHaptics, ACM VRST, IHM

#### Y. Bellik est

- Expert auprès de l'ANR pour le Programme JC JC
- Membre du Comité éditorial de la Revue JIPS (Journal d'Interaction Personne-Système).
- Membre du Comité de Programme d'IE10, 6th International Conference on Intelligent Environments, 19–21 July 2010, Monash University (Sunway campus), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Membre du Poster Program Committee d'UBICOMP 2009, 11th International Conference on Ubiquitous Computing, Orlando, Florida, 30th September- 3rd October 2009.
- Tutorials Co-Chair d'IHM'09, 21ème conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine, 2009, Grenoble.
- Invited Speaker au Forum "Systèmes & Logiciels pour les NTIC dans le Transport : Intelligence Ambiante" de l'INRETS, 19 mai 2009.
- Invited Speaker à la Journée Mondiale des Handicapés, Alger, 3 Déc 2009.

#### C. Jacquemin est

- Expert auprès de ANR pour le Programme CONTINT (Contenus et Interactions) en 2008 et 2009
- Membre du Comité de Programme de la conférence SmartGraphics 2009-2010
- Membre du Comité de Programme de la conférence ACM Multimédia 2009

#### J.-C. Martin est

- Editeur en Chef du Journal on Multimodal User Interfaces (JMUI publié par Springer) ; édition de deux numéros spéciaux du journal Springer Journal on Multimodal User Interfaces sur les émotions et le comportement non verbal
- Membre du bureau éditorial du Journal of Language Resources and Evaluation (LRE) ; reviewer pour les journaux Speech Communications, Interact with Computers, Journaux Computer Speech and Language ; IEEE Computer Graphics ; Membre du PC Human Centred Track ACM Multimedia 2010 ; Membre du Senior PC pour la conférence IVA 2009 ; Reviewer pour les conférences IVA 2010, ACII 2009, ACM Multimedia 2010, IUI 2009, AAMAS Workshop Virtual Character 2010 ; Reviewer pour la Commission Européenne (projet IP Companions) ; advisor pour le projet Européen LIREC ; Evaluator pour l'ANR; membre de la commission Services de Cap Digital ; Membre élu du bureau exécutif de l'association internationale HUMAINE (<http://emotion-research.net/>)
- Organisateur des workshops AFFINE (Affective Interaction in Natural Environments) en 2009 (au MIT Media Lab lors de la conférence ICMI-MLMI 2009 ; actes publiés sur ACM Digital Library) et en 2010 (lors de la conférence ACM Multimédia 2010)

#### J.-P. Sansonnet est

- Animateur du GT ACA (avec S. Pesty du LIG)
- Membre du Comité de Direction des revues RSTI, Hermès
- Membre du Comité de Direction de la revue TSI, Hermès
- Président du Comité Scientifique du Cluster de Recherche ISLE de la Région Rhône-Alpes
- Expert à l'ANR et à l'AERES

#### W. Turner est

- Expert auprès de l'ANR pour le Programme CONTINT (Contenus et Interactions)
- Membre du Comité de Rédaction de la Revue d'Anthropologie des Connaissances
- Membre du Comité de Programme Ingénierie des Connaissances, Nîmes, June 2010

## Instances d'administration de la recherche

W. Turner est :

- Nommé par l'administration à la Commission Administrative Paritaire (CAP) compétente pour le corps des Ingénieurs d'Etude, BAP F

## Enseignement et diffusion des connaissances

M. Ammi :

- L2 MPI : Module « Modélisation, animation et rendu 3D »
- L3 informatique : Module « Informatique Graphique : algorithmie et technologie »
- M1 informatique : Module « Animation 3D »
- M2R Interaction: Module « Interaction Haptique et Physique » Polythèque Paris-Sud (PPS)
- Responsable pédagogique de la spécialité informatique de la Formation Continue
- Formation continue 1ère année : Module « Informatique Graphique ».

Y. Bellik :

- Co-Directeur des études, 2ème année DUT, Formation initiale, IUT d'Orsay, depuis 2010.
- Responsable de la Formation Continue au département Informatique de l'IUT d'Orsay, 2006-2010.
- Responsable pédagogique du C2I Non-Voyants à l'IUT d'Orsay, 2009-2010
- Mise en place d'une action de formation continue pour le compte de la société ARES, 2007-2008
- Membre élu du bureau du département Informatique de l'IUT d'Orsay, 2007-2010.
- Responsable de matière (Informatique Graphique), depuis 2006.
- Responsable de matière (Architecture des ordinateurs), depuis 2009.
- Responsable de matière (Langage), depuis 2000.
- Chargé de cours, TD et TP en « Architecture des ordinateurs » à l'IUT d'Orsay depuis 2003 ;
- Chargé de cours, TD et TP en « Algorithmique et Langage » à l'IUT d'Orsay depuis 2000.
- Chargé de cours, TD et TP en « Algorithmique Graphique » à l'IUT d'Orsay depuis 2006.

C. Jacquemin est ou a été récemment responsable des enseignements suivants

- « Images numériques » en licence 1 (2001-)
- « Introduction à l'Informatique Graphique » en l'IFIPS 1ère année (2006-2008)
- « Rendu Graphique Avancé » en master 2 Professionnel et Master Recherche (2004-)
- « Travaux d'études et de Recherche Humains Virtuels » en master 1 (2007-)
- Master Professionnel d'Informatique avec Steven Martin (LRI)

J.-C. Martin

- sur les Interfaces Homme-Machine Multimodales dans plusieurs formations : Master recherche d'Informatique de Paris-Sud, Spécialité Interaction : option « Humains Virtuels » ; Master professionnel « Nouvelles Thérapies et Neurosciences » (resp. O. Grynszpan). Il est responsable de l'enseignement de Programmation Java en DUT Informatique à l'IUT d'Orsay.

J.-P. Sansonnet est responsable :

- du cours « Systèmes Multi-Agents » Master informatique de Paris-Sud
- du cours « Architectures et Modèles pour l'Interaction » à Supélec en 3ème année.

L. Pointal :

- Encadrement de TP d'informatique scientifique dans le département de Mesures Physiques de l'IUT d'Orsay-Paris Sud (2006-2007)

F. Vernier est ou a été récemment responsable des enseignements:

- « Introduction au graphisme des ordinateurs » (IGOR Info 112) en Licence 1 (2007-)
- « Introduction à l'informatique » (Info 111) en Licence 1 (2006-)
- « Programmation Internet » (Info 214) en Licence 2 (2009-)
- « Visualisation d'Information » IFIPS (2008-2009)

## Diffusion et vulgarisation

C. Jacquemin a été :

- conférencier Invité à Deutsch Telekom en 2009
- conférencier Invité à Fraunhofer Institute Berlin 2009
- conférencier Invité à Siggraph Finland Helsinki 2008
- conférencier invité à la conférence CLIC en 2010 sur le patrimoine numérique,
- conférencier Invité à IMAL, Bruxelles en 2009 sur les activités arts/sciences,
- conférencier Invité à La Maison Populaire de Montreuil en 2009 sur les cultures digitales,
- conférencier invité aux e-Magiciens à Valenciennes en 2009
- conférencier invité par le Dansoir (Karine Saporta) en 2008
- membre du Réseau d'Art Numérique de Enghien les Bains depuis 2007
- coorganisateur de la Conférence Simulation technologique et matérialisation artistique avec Samuel Bianchini et Nathalie Delprat à Bétonsalon en 2009
- sélectionné dans le cadre du Festival numérique Futur en Seine 2009 pour la présentation d'une installation publique intitulée Réalité augmentée mobile

J.-C. Martin :

- Vulgarisation grand public : présentation de MARC-Othello à la fête de la Science ; reportage « Les avatars sont partout ! », Journal 20h TF1, 22 février 2010, 8.8 millions de spectateurs.

## Collaborations de recherche

C. Jacquemin a été :

- Chercheur invité à TKK (Université Technologique d'Helsinki) pendant 3 mois en 2008
- Chercheur invité à Fraunhofer Institute Berlin pendant 6 mois en 2009

F. Vernier est :

- Collaborateur avec Harvard, avec le Professeur Chia Shen (<http://iic.harvard.edu/user/chia-shen>)

## Contrats de recherche et valorisation

### Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
11/05/1998	10/05/2008		Autre	Accord de secret	EUROBRILLE	Bellik Yacine	Bellik Yacine	0,00
20/01/2005	19/01/2008		Autre	Collaboration de recherche	ETS	Bellik Yacine	Bellik Yacine	0,00
07/10/2005	06/10/2009	Netsuds	GDMI	Collaboration de recherche	CNRS	Turner William	Turner William	0,00
05/12/2005	30/04/2009	BUIS	RIAM	Collaboration de recherche	ANR	Hennin Jean-Jacques	Turner William	112 840
19/12/2005	19/05/2008	SEVEN	RNTL	Collaboration de recherche	ANR	Sylvaine Nugier	Jacquemin Christian	162 676
19/12/2005	30/06/2009	WEBCONTENT	RNTL	Collaboration de recherche	ANR	Georges Grefenstette	Jacquemin Christian	58 240
15/03/2006	15/03/2016	SEVEN-confidentialité	Autre	Accord de secret	EDF	Jacquemin Christian	Jacquemin Christian	0,00
01/10/2007	31/12/2009	IROOM	Projet Emergent	Collaboration de recherche	Digiteo	Bellik Yacine	Bellik Yacine	56 236
01/12/2007	30/11/2009	VIRAGE	RIAM	Collaboration de recherche	ANR	Baltazar Pascal	Vernier Frederic	84 467
05/12/2007	04/12/2010	CARE	RIAM	Collaboration de recherche	ANR	De La Rivière Jean-Baptiste	Martin Jean-Claude	93 987
01/01/2008	31/12/2009	BINGO	CSOSG	Collaboration de recherche	ANR	Karim Soudani	Osorio Sainz Angel	85 704
01/01/2008	31/12/2008	BQR 2008	BQR	Collaboration de recherche	Université U-PSud	Ammi Mehdi	Ammi Mehdi	16 000
01/04/2008	31/12/2008	PEPS SHS-ST2I 2008	PEPS	Collaboration de recherche	CNRS	Jacquemin Christian	Jacquemin Christian	10 000
10/10/2008	09/10/2011	OTIM	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Blache Philippe	Martin Jean-Claude	54 916
01/10/2009	30/09/2012	Topophonie	CONTINT	Collaboration de recherche	ANR	Cahen Roland	Jacquemin Christian	185 695

### Valorisation et transfert

C. Jacquemin est

- Développeur du Logiciel : Virtual Choreographer distribué sur sourceforge: 38000 hits et 1500 téléchargements les 12 derniers mois

## Production scientifique

### Thèses

1. Ajaj, R. (2009). *TEAMViz : systèmes multi-dispositifs, multi-vues et multi-surfaces pour la visualisation interactive de scène 3D*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI
2. Bouchet, F. (2010). *Conception d'une chaîne de traitement de la langue naturelle pour un agent conversationnel assistant*. Doctorat, Université Paris-Sud/LIMSI.

- Leray, D. (2009). *D'une famille de composants dialogiques à une méthodologie de synthèse de modèles d'assistance pour un agent conversationnel assistant*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.

## Revue à comité de lecture

- Awde, A., Y. Bellik and C. Tadj (2008). "Complexity of mathematical expressions in adaptive multimodal multimedia system ensuring access to mathematics for visually impaired users." *International Journal of Computer and Information Science and Engineering* 2(2): 13p.
- Awde, A., M. Dulva Hina, C. Tadj and Y. Bellik (2008). "Middleware for ubiquitous access to mathematical expressions for visually-impaired users." *Ubiquitous Computing and Communication Journal* 3(5): 8-21.
- Awde, A., M. Dulva Hina, C. Tadj, Y. Bellik and A. Ramdane-Cherif (2009). "An adaptive multimodal multimedia computing system for presentation of mathematical expressions to visually-impaired users." *Journal of Multimedia* 4(4): 182-195.
- Awde, A., C. Tadj and Y. Bellik (2009). "Infrastructure of an adaptive multi-agent system for presentation of mathematical expression to visually-impaired users." *ISAST Transactions on Computers and Intelligent Systems* 1(1): 17-27.
- Bourdot, P., T. Convard, F. Picon, M. Ammi, D. Touraine and J. M. Vézien (2010). "VR-CAD integration : multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models." *Journal of Computer-Aided Design* 42(5): 445-461.
- Férey, N., G. Bouyer, C. Martin, A. Drif, P. Bourdot, M. Ammi, J. Nelson, J. M. Burkhardt and L. Autin (2009). "Docking de protéines en réalité virtuelle : une approche hybride et multimodale." *Technique et Science Informatiques* 28(8): 983-1015.
- Férey, N., J. Nelson, C. Martin, L. Picinali, G. Bouyer, A. Tek, P. Bourdot, J. M. Burkhardt, B. F. G. Katz, M. Ammi, C. Etchebest and L. Autin (2009). "Multisensory VR interaction for protein-docking in the CoRSAIRe project." *Virtual Reality* 13(4): 273-293.
- Fournier, J. P. and J. P. Sansonnet (2008). "ActiveTutor : towards more adaptative features in an e-learning framework." *Journal of Interactive Technology and Smart Education* 5(3): 189-203.
- Jacquet, C. and Y. Bellik (2009). "Présentation ciblée d'informations dans les moyens de transports." *Génie Logiciel*(91): 27-34.
- Lainas, P., L. Boudechiche, A. Osorio Sainz, A. Coulomb, A. Weber, D. Pariente, D. Franco and I. Dagher (2008). "Liver regeneration and recanalization time course following reversible portal vein embolization." *Journal of Hepatology* 49(3): 354-362.
- Ménélas, B., M. Ammi, P. Bourdot and S. Richir (2010). "Survey on haptic rendering of data sets : exploration of scalar and vector fields." *Journal of Virtual Reality and Broadcasting* 6(9): 11p.
- Rilliard, A., T. Shochi, J. C. Martin, D. Erikson and V. Auberge (2009). "Multimodal indices to Japanese and French prosodically expressed social affects." *Language and Speech* 52(2-3): 223-243.
- Vézien, J. M., B. Ménélas, J. Nelson, L. Picinali, P. Bourdot, M. Ammi, B. F. G. Katz, J. M. Burkhardt, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). "Multisensory VR exploration for computer fluid dynamics in the CoRSAIRe project." *Virtual Reality* 13(4): 257-271.

## Ouvrages collectifs

- Castellano, G., K. Karpouzis, C. Peters and J. C. Martin, Eds. (2010). *Journal on multimodal user interfaces. Special issue "Real-time affect analysis and interpretation : closing the affective loop in virtual agents and robots"* volume 3, number 1-2, mars 2010, Springer.
- Castellano, G., J. C. Martin, J. Murray, K. Karpouzis and C. Peters, Eds. (2009). *Proceedings of the International Workshop on Affective-Aware Virtual Agents and Social Robots (ICMI-MLMI 2009 AFFINE Workshop)*, ACM.
- Kipp, M., J. C. Martin, P. Paggio and D. Heylen, Eds. (2009). *Multimodal corpora: from models of natural interaction to systems and applications. the International Workshop on "Multimodal Corpora: From Models of Natural Interaction to Systems and Applications"*, held in conjunction with the 6th Proceedings of the International Conference for Language Resources and Evaluation (LREC), May 2008, Marrakech, Morocco, Springer.

## Chapitres d'ouvrage

- Bellik, Y., C. Jacquet and C. Rousseau (2009). *Two frameworks for the adaptive multimodal presentation of information*. *Multimodality in mobile computing and mobile devices: methods for adaptable usability*. S. Kurkovsky: 166-195.
- Germain-Renaud, C., V. Breton, P. Clarysse, B. Delhay, Y. Gaudeau, T. Glatard, E. Jeannot, Y. Legré, J. Montagnat, J. M. Moureaux, A. Osorio Sainz, X. Pennec, J. Schaerer and R. Texier (2009). *Grid analysis of radiological data. Handbook of research on computational grid technologies for life sciences, biomedicine and healthcare*. M. Cannataro, Medical Information Science Reference: 363-392.
- Jacquemin, C., R. Ajaj, S. Le Beux, C. D'Alessandro, M. Noisternig, B. F. G. Katz and B. Planes (2009). *The glass-organ : musical instrument augmentation for enhanced transparency*. *Smart Graphics, LNCS 5531*, Springer. 179-190.
- Jacquet, C., Y. Bourda and Y. Bellik (2009). *Multimodal presentation of information in a mobile context. Advanced intelligent environments*. W. Minker, M. Weber, H. Hagra, V. Callagan and A. Kameas: 67-94.
- Turner, W. A. (2009). *The interdisciplinary dialogue of social informatics. Digital cognitive technologies: epistemology and knowledge society*. B. Reber and C. Brossaud, John Wiley: 12p.

6. Turner, W. A., S. Buisine, J. G. Ganascia, L. Eveque, K. Fouladi and J. Marlier (2010). *La conception innovante des objets à intelligence incorporée*. Technologies de l'information et intelligences collectives (Collection Systèmes d'information et organisations documentaires) . Chap. 6. B. Juanals and J. M. Noyer, Hermès Science: 20p.
7. Turner, W. A., J. B. Meyer, P. De Guchteneire and A. Azizi (2009). *Diaspora wissensnetzwerke. Migration, internet und politik. Potentiale für partizipation, kommunikation und integration*. K. Kissau and U. Hunger, Springer Verlag: 99-130.

## Conférences à comité de lecture

1. Ajaj, R., C. Jacquemin and F. Vernier (2009). *RVDT : a design space for multiple input devices, multiple views and multiple display surfaces combination*. ICMI-MLMI 2009. Eleventh International Conference on Multimodal Interfaces and the Sixth Workshop on Machine Learning for Multimodal Interaction. 8p
2. Ajaj, R., L. Savioja and C. Jacquemin (2008). *Software platform for real-time room acoustic visualization*. VRST 2008. 15th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. 2p
3. Ajaj, R., F. Vernier and C. Jacquemin (2009). *Follow my finger navigation*. INTERACT 2009. 12th IFIP TC13 Conference in Human-Computer Interaction. 4p
4. Ajaj, R., F. Vernier and C. Jacquemin (2009). *Navigation modes for combined table/screen 3D scene rendering*. ITS 2009. Interactive Tabletops and Surfaces 2009. 8p
5. Asfari, O., Y. Bourda, J. P. Sansonnet and B. L. Doan (2009). *Personalized access to information by query reformulation based on the state of the current task and user profile*. SEMAPRO 2009. The Third International Conference on Advances in Semantic Processing. 5p
6. Asfari, O., B. L. Doan, Y. Bourda and J. P. Sansonnet (2010). *Improving user query processing based on user profile and task context*. SWWS'10. The 2010 International Conference on Semantic Web Services. 7p
7. Awde, A., C. Tadj and Y. Bellik (2008). *Un système multi-agent pour la présentation d'expressions mathématiques à des utilisateurs non-voyants*. CCECE'08. 21st IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering. 4p
8. Bellik, Y., A. Kameas, C. Goumopoulos, H. Hagrass, T. Heinroth, G. Pruvost, A. Meliones, D. Economou, W. Minker and M. Gardner (2009). *Multidimensional pervasive adaptation into ambient intelligent environments*. PICom 2009. The 8th International Conference on Pervasive Intelligence and Computing. 6p
9. Bellik, Y., I. Rebaï, E. Machrouh, Y. Barzaj, C. Jacquet, G. Pruvost and J. P. Sansonnet (2009). *Multimodal interaction within ambient environments : an exploratory study*. INTERACT 2009. 12th IFIP TC13 Conference in Human-Computer Interaction. 4p
10. Besacier, G. and F. Vernier (2009). *Toward user interface virtualization : legacy applications and innovative interaction systems*. EICS '09. 1st ACM SIGCHI Symposium on Engineering interactive Computing Systems. 157-166
11. Bouchara, T. (2008). Le "scene-modeler" : des outils pour la modélisation de contenus multimédias interactifs spatialisés. JIM'08. Treizièmes Journées d'Informatique Musicale. 6p
12. Bouchara, T., B. F. G. Katz, C. Jacquemin and C. Guastavino (2010). *Audio-visual renderings for multimedia navigation*. ICAD 2010. 16th International Conference on Auditory Display. 245-252
13. Bouchet, F. (2009). *Characterization of conversational activities in a corpus of assistance requests*. ESSLLI 2009. 21th European Summer School in Logic, Language and Information - Student Session. 11p
14. Bouchet, F. and J. P. Sansonnet (2009). *Apports complémentaires de la subjectivité et des biais cognitifs à la rationalité dans le contexte de la fonction d'assistance*. MFI'09. Cinquièmes Journées Francophones Modèles Formels de l'Interaction. 12p
15. Bouchet, F. and J. P. Sansonnet (2009). *Subjectivity and cognitive biases modeling for a realistic and efficient assisting conversational agent*. IAT 2009. The 2009 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology. 8p
16. Bouchet, F. and J. P. Sansonnet (2009). *Tree kernel and feature vector methods for formal semantic requests classification*. MLDM '2009. International Conference on Machine Learning and Data Mining. 15p
17. Braffort, A., J. P. Sansonnet and C. Verrecchia (2009). *Issues in dynamic generation of sign language utterances for a web 2.0 virtual signer*. IVA 09. 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : Lectures Notes in computer Science, Intelligent Virtual Agents Volume 5773/2009, Springer 2009. 2p
18. Buisine, S., K. Fouladi, J. Nelson and W. A. Turner (2010). *Optimiser le processus d'innovation grâce aux traces informatiques d'usages*. IC 2010. 21e Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances. 12p
19. Chaboissier, J. and F. Vernier (2009). *Conception de jeux interactifs en temps-réel pour tabletop*. IHM'09. 21ème Conférence Francophone sur l'Intéraction Homme Machine. 10p
20. Ciaccia, A. and C. Clavel (2009). *Le traitement de l'information dans des activités de recherche d'information sur le web : analyse cognitive de l'influence de variables liées à l'utilisateur et au type de problème de recherche*. H2PTM'09. 10e Conférence Internationale sur l'Hypertexte et Hypermédia, Produits, Outils et Méthodes. 12p
21. Clavel, C. and J. C. Martin (2009). *Exploring relations between cognitive style and multimodal expression of emotion in a TV series corpus*. ACII'2009. International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Paru dans : Springer, LNCS, vol. xx. J. Cohn, A. Nijholt and M. Pantic (Eds.). 8p

22. Clavel, C. and J. C. Martin (2009). *PERMUTATION: a corpus-based approach for modeling personality and multimodal expression of affects in virtual characters*. ICDHM 2009. Second International Conference - Held as Part of HCI International 2009. Paru dans : Lecture notes in computer science Volume 5620. 211-220
23. Clavel, C., J. Plessier, J. C. Martin, L. Ach and B. Morel (2009). *Combining facial and postural expressions of emotions in a virtual character*. IVA 09. 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNCS, Volume 5773, Springer, 2009. 287-300
24. Clavel, C., A. Lilliard, T. Shochi and J. C. Martin (2009). *Personality differences in the multimodal perception and expression of cultural attitudes and emotions*. 1st IEEE International Workshop on Social Signal Processing. 6p
25. Courgeon, M., M. A. Amorim, C. Giroux and J. C. Martin (2010). *Do users anticipate emotion dynamics in facial expressions of a virtual character?* CASA 2010. 23rd Annual Conference on Computer Animation and Social Agents. 4p
26. Courgeon, M., S. Buisine and J. C. Martin (2009). *Impact of expressive wrinkles on perception of a virtual character's facial expressions of emotions*. IVA 09. 9th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNCS, Intelligent Virtual Agents, Volume 5773, Springer 2009. 201-214
27. Courgeon, M., J. C. Martin and C. Jacquemin (2008). *User's gestural exploration of different virtual agents' expressive profiles*. AAMAS'08. Seventh International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. 4p
28. Dahdouh, S., M. Dubois, E. Frenoux and A. Osorio Sainz (2010). *A 1D wavelet filtering for ultrasound images despeckling*. SPIE Medical Imaging 2010. 9p
29. Dahdouh, S., E. Frenoux and A. Osorio Sainz (2009). *Segmentation of kidney ultrasound images : a prospective study*. SPIE Medical Imaging 2009 : Ultrasonic Imaging and Signal Processing. 9p
30. Fang, X., C. Jacquemin and F. Vernier (2008). *Visualisation of the search results of the semantic web search engines*. ISCW 2008. 7th International Semantic Web Conference. 2p
31. Grynszpan, O., N. Carbonell, J. Constant, J. Simonin, F. Le Barillier, J. C. Martin and M. Courgeon (2009). *A new virtual environment paradigm for high functioning autism intended to help attentional disengagement in a social context*. Virtual Rehabilitation 2009 International Conference. 8p
32. Heinroth, T., A. Kameas, H. Hagraas and Y. Bellik (2009). *Semi-tacit adaptation of intelligent environments*. AIAI 2009. 5th IFIP Conference on Artificial Intelligence Applications & Innovations. 6p
33. Heinroth, T., A. Kameas, C. Wagner and Y. Bellik (2009). *A proposal for realizing adaptive ambient ecologies through an ontology-based multi-agent system*. IA 2009. IEEE Symposium on Intelligent Agents 2009 - SSCI 2009. IEEE Symposium Series on Computational Intelligence 2009.
34. Kameas, A., H. Hagraas, C. Goumopoulos, T. Heinroth, A. Meliones, M. Gardner, D. Economou, G. Pruvost, Y. Bellik and W. Minker (2009). *A pervasive system architecture that supports adaptation using agents and ontologies*. I-SPAN 2009. 10th International Symposium on Pervasive Systems, Algorithms and Networks. 6p
35. Kipp, M. and J. C. Martin (2009). *Gesture and emotion: can basic gestural form features discriminate emotions?* ACII2009. International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction. 8p
36. Martin, J. C. (2009). *Posture annotation for studying affective interaction in multimodal corpora*. WIAMIS 2009. 10th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services. 4p
37. Ménélas, B., M. Ammi, L. Pastur and P. Bourdot (2009). *Haptical exploration of an unsteady flow*. WHC09. Third Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (World Haptics Conference '09). 6p
38. Ménélas, B., L. Picinali, B. F. G. Katz, P. Bourdot and M. Ammi (2009). *Haptic audio guidance for target selection in a virtual environment*. HAID'09. 4th International Haptic and Auditory Interaction Design Workshop. 12-13
39. Miletto, E., M. Pimenta, F. Bouchet, J. P. Sansonnet and D. Keller (2009). *Music creation by novices should be both prototypical and cooperative - Lessons learned from CODES*. SBCM 2009. Brazilian Symposium on Computer Music. 12p
40. Miletto, E., M. Soares Pimenta, J. P. Sansonnet and F. Bouchet (2010). *Social music making on the web with CODES*. SAC 2010. 25th Symposium On Applied Computing. Paru dans Proceedings AXM SAC 2010, vol. 1: Distributed systems & engineering, web technologies track. 876-877
41. Osorio Sainz, A., J. A. Galan, J. Nauroy, P. Donars, J. J. Lobato and I. Navarro (2010). *Real time planning, guidance and validation of surgical acts using 3D segmentations, augmented reality projections and surgical tools video tracking*. SPIE Medical Imaging 2010. 11p
42. Osorio Sainz, A., J. Nauroy, S. Dahdouh, J. M. Biset, R. Boustani and P. Donars (2010). *A new PC based software to take and validate clinical decisions for colorectal cancer using metric 3D images segmentations*. ECR 2010. European Congress of Radiology. 1
43. Osorio Sainz, A., J. Nauroy, S. Dahdouh, P. Donars and E. Frenoux (2008). *Planning and validating percutaneous nephrolithotomies in a non-classical patient's position using a new 3D augmented reality system*. CARS 2008. Computer Assisted Radiology and Surgery - 22nd International Congress and Exhibition.
44. Pelachaud, C., R. Gelin, J. C. Martin and Q. A. Le (2010). *Expressive gestures displayed by a humanoid robot during a storytelling application*. AISB 2010. Second International Symposium on New Frontiers in Human-Robot Interaction. 4p
45. Pham, H. P., M. Ammi, J. G. Fontaine and P. Bourdot (2008). *A framework for building haptic interactions for teleoperation systems*. HAS 2008. Haptic in Ambient Systems. In conjunction with First International Conference on Ambient Media and Systems. 1-10
46. Pruvost, G., A. Kameas, L. Seremeti, W. Minker and T. Heinroth (2009). *Combining agents and ontologies to support task-centred interoperability in ambient intelligent environments*. ISDA'09. 9th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications. 6p

47. Rilliard, A., J. C. Martin, V. Auberge and T. Shochi (2008). *Perception of French audio-visual prosodic attitudes*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 685-688
48. Sansonnet, J. P., A. Braffort, J. Ségouat and C. Verrecchia (2009). *SL teacher : a framework for teaching LSF on the web*. ICTA 09. The Second International Conference on ICT and Accessibility. 2p
49. Sansonnet, J. P., E. Milletto, F. Bouchet and M. Pimenta (2009). *Exploring the integration of teaching capabilities into a CSCP framework through help agents*. SBIE 2009. 20th Symposio Brasileiro de Informatica na Educacao. 10p
50. Shochi, T., D. Erickson, A. Rilliard, V. Auberge and J. C. Martin (2008). *Recognition of Japanese attitudes in audio-visual speech*. SP 2008. International Conference : Speech Prosody 2008. 689-692
51. Shochi, T., A. Rilliard, D. Erikson and J. C. Martin (2008). *Perception interculturelle des affects sociaux japonais et français*. 3eme Workshop sur les Agents Conversationnels Animés, 28 novembre 2008. 8p
52. Simard, J., M. Ammi, F. Picon and P. Bourdot (2009). *Potential field approach for haptic selection*. GI 2009. Graphics Interface 2009. 203-206
53. Xuetao, M., F. Bouchet and J. P. Sansonnet (2009). *An ACA-based semantic space for processing domain knowledge in the assistance context*. NISS 2009. Third International Conference on New Trends in Information and Service Science. 6p
54. Xuetao, M., F. Bouchet and J. P. Sansonnet (2009). *Impact of agent's answers variability on its believability and human-likeness and consequent chatbot improvements*. AISB 2009. Convention on Adaptive and Emergent Behaviour and complex Systems. 6p
55. Xuetao, M., F. Bouchet and J. P. Sansonnet (2009). *Intelligent assisting conversational agents viewed through novice users' requests*. IHCI 2009. International Conference Interfaces and Human Computer Interaction. 8p

### Congrès sans actes, workshops

1. Jacquemin, C., R. Ajaj, S. Le Beux, C. D'Alessandro, M. Noisternig, B. F. G. Katz and B. Planes (2009). *The glass organ : musical instrument augmentation for enhanced transparency*. 9th International Symposium on SmartGraphics 2009: 12p.
2. Pruvost, G. and Y. Bellik (2009). *Ambient Multimodal Human Computer Interaction*. FET09. The European Future Technologies Conference (Poster session): 2p.

FRANÇOISE DARSES

## Introduction

Le groupe CPU a pour objectif d'étudier et de modéliser les processus cognitifs naturels ou artificiels mis en jeu par des agents dans des situations d'exploration de l'espace et dans des contextes d'action finalisée et de résolution de problème. Les agents dont il est question ici peuvent donc être caractérisés de la façon suivante :

- 1. Ce sont des humains ou des robots ;
- 2. Ils agissent de manière individuelle ou en situation collaborative ;
- 3. Ils se meuvent dans des environnements réels ou réalistes, et sont de ce fait confrontés aux caractéristiques multifactorielles des situations et à leurs potentielles modifications (en termes de contraintes externes, de ressources disponibles, d'interactions imprévues et non planifiées avec des agents, etc.) ;
- 4. Dans le cas d'agents humains, ceux-ci peuvent agir sans assistance technologique spécifique, ou au contraire, développent leur activité en utilisant des outils d'aide sophistiqués (généralement informatisés) ;
- 5. Les agents ont une tâche à accomplir, pour laquelle ils possèdent une expertise, acquise par une longue pratique.

Le programme de recherche du groupe CPU est donc mené sous deux angles complémentaires. D'une part, le groupe CPU va s'intéresser à la modélisation des compétences (humaines ou artificielles) sous-tendant les processus cognitifs – perception, interprétation, traitement symbolique et subsymbolique des informations contextuelles, raisonnement, etc. D'autre part, le groupe CPU va s'intéresser à la modélisation des performances (humaines ou artificielles), lesquelles rendent compte de la mise en œuvre effective des divers processus cognitifs énoncés ci-dessus, dans des situations complexes où l'objectif d'action va induire une articulation entre plusieurs compétences cognitives (par exemple, dans l'exemple de l'analyse d'une scène spatiale, articulation entre des traitements perceptifs subsymboliques et des traitements fondés sur des représentations mentales élaborées à un niveau symbolique, guidant explicitement la prise de décision). La modélisation de la performance intègre donc d'emblée la caractérisation de l'expertise des agents (que ceux-ci soient humains ou artificiels), forgée au cours de la répétition d'une tâche. La notion de « situation » implique la prise en compte du contexte de traitement pour la conception des interfaces homme-machine, par exemple le contexte spatial pour la navigation d'une personne ou d'un robot, ou pour la restitution de l'espace sonore.

## Présentation de la recherche

Le groupe CPU a été constitué à la fin 2008, afin d'introduire dans l'ancien groupe PS (*Perception Située*) une composante d'ergonomie cognitive aux axes de recherche. L'objectif est de renforcer la prise en compte de l'expertise et de l'usage des dispositifs technologiques en contexte d'activité, dans des situations réelles ou réalistes. Les trois thèmes du groupe CPU sont fortement articulés autour de problématiques liées à l'espace :

**Systèmes et modèles Perceptifs Visuels et Audio.** — Ce thème traite de la perception de leur environnement par les systèmes artificiels autonomes. Il s'intéresse aux mécanismes de la perception active et attentionnelle, aux relations perception action et en particulier aux applications pour les systèmes robotiques autonomes.

**Image Langage Espace.** — Ce thème traite des aspects cognitifs de l'espace : images mentales, représentations de l'espace et navigation, description de la représentation de l'espace, représentation de l'espace et handicap.

**Usage de systèmes collaboratifs, en coprésence ou à distance.** — Les recherches conduites dans ce thème visent à modéliser les activités cognitives mises en œuvre par un individu dans une situation (individuelle ou collective) d'usage de dispositifs collaboratifs de travail, qui sont utilisés en présentiel et, de plus en plus souvent, à distance.

## Thème SMP - Systèmes et Modèles Perceptifs

*M. Auvray, M. Dubois, H. Guillaume, J.-S. Liénard, F. Signol, Ph. Tarroux*

### **Problématique**

La perception, conçue comme l'ensemble des processus qui à partir d'un signal sensoriel conduisent à décider d'une action appropriée dans un contexte donné, est un élément essentiel des capacités cognitives des systèmes naturels. Ainsi, la perception doit plutôt être vue comme un processus actif de transformation et de sélection d'information, et d'interaction avec le monde au travers des mécanismes attentionnels et des actions réalisées par le système doté de capacités perceptives. La compréhension de ces processus est essentielle pour construire des robots dotés d'autonomie et de capacités de raisonnement dans des environnements incertains et inconnus.

Les recherches du thème SMP s'inscrivent donc dans une conception interactionniste et constructiviste de la cognition. Les modèles développés seront donc pour une grande part des modèles robotiques qui seuls permettent une approche située de la cognition. Par ailleurs ils font largement appel au caractère proactif et dynamique de la perception en s'intéressant aux processus attentionnels et à l'acquisition d'informations sur le monde par l'action au travers de la notion de contingences sensori-motrices.

### **Activités de recherche**

Deux voies de modélisation ont été explorées jusqu'à ce jour. La première s'appuie sur le paradigme connexionniste avec le développement de modèles bioinspirés. La seconde utilise le paradigme bayésien afin d'explorer les phénomènes perceptifs de façon plus globale.

La première voie de modélisation a été mise à profit pour développer un modèle attentionnel bioinspiré fondé sur l'utilisation de réseaux de neurones à spikes. Ce modèle qui a fait l'objet de la thèse de Sylvain Chevallier vise à incorporer les contraintes temporelles concernant le traitement des fréquences spatiales dans le processus visuel et conduit à sérialiser les saillances dans le temps par un processus qui remplace les mécanismes de winner-takes-all classiquement utilisés. Nous avons par ailleurs utilisé des modèles de neurones de type champs neuronaux afin de sélectionner des amers saillants robustes dans le flux visuel qui puisse être utilisés dans un processus de reconnaissance de scènes.

La détermination du contexte d'une scène est importante si l'on considère que l'identification des objets présents dans la scène est facilitée par la détermination préalable de la situation dans laquelle se trouve le système. En effet, la connaissance du contexte permet très probablement de simplifier les caractéristiques qui doivent être retenues pour l'identification des objets. Un ensemble de références relatives au contexte (pointeurs déictiques) suffit alors au système pour accéder à l'information utile pour agir dans le contexte en question.

Nous développons différentes approches de la classification de scènes fondées sur leurs caractéristiques globales. Outre les techniques développées il y a quelques années dans le groupe et fondées sur l'analyse des fréquences spatiales, nous étudions les méthodes qui s'appuient plus directement sur les distributions statistiques conjointes des pixels de la scène.

Toute l'information contenue dans une scène visuelle n'est pas forcément pertinente pour son interprétation. Cette constatation pose le problème de savoir ce qui constitue les éléments saillants d'une scène et comment les calculer. On distinguera les éléments qui font saillance pour des raisons intrinsèques à la scène visuelle et ceux qui correspondent à des régions d'intérêt (RoI) dépendant des attentes du système. Nous étudions plusieurs modèles de construction de saillances fondés sur des mesures de contrastes locaux selon diverses modalités (luminance, couleurs, orientations...) mais également sur le mouvement. Nous comparons deux approches de leur implémentation, une approche conventionnelle à base de filtres de traitement d'images associés à des méthodes bayésiennes permettant la modélisation de la relation entre objets et contextes (thèse d'H. Guillaume). Dans un travail récent effectué à partir d'une base de donnée d'images acquises par des robots différents dans des environnements différents nous avons pu montrer que la prise en compte de la séquence temporelle des acquisitions dans la détermination du lieu où se trouvait le robot améliorerait cette détermination.

Nous avons mis à profit l'existence au laboratoire d'une pièce de type smart room équipée du système de tracking Ubisense pour construire une expérience visant à faire apprendre en ligne par un robot autonome les caractéristiques d'objets présentés à des positions familières dans leur contexte naturel. Le système Ubisense nous fournit la vérité terrain concernant la position du robot et des objets et soit nous dispense de la mise en œuvre d'algorithmes complexes de localisation et de tracking visuel soit nous permet de comparer les résultats de tels algorithmes aux données réelles. Cette expérience devrait nous permettre de développer

un modèle de recherche d'objets dans un environnement naturel fondé sur les probabilités de présence de l'objet en fonction des positions et sur les attributs déictiques de l'objet dans un contexte donné.

L'analyse de scènes ne s'applique pas aux seules scènes du monde visuel. La modalité auditive permet également de localiser et de séparer les sources sonores présentes dans notre environnement (ASA, Auditory Scene Analysis). Il s'agit là d'un problème crucial pour l'auditeur humain en situation de malentendance, comme en témoigne le classique effet de Cocktail Party. C'est aussi une pierre d'achoppement pour les systèmes automatiques de traitement de la parole, qui jusqu'à présent ont éludé le problème en pratiquant une prise de son de proximité. Nous abordons ce problème dans la même perspective que l'analyse des scènes visuelles, en cherchant à faire coopérer un flux d'information ascendant, venant du signal, avec un flux descendant représentant les aspects attentionnels, structuraux et comportementaux de la tâche. Pour l'instant nous travaillons sur l'extraction de la fréquence fondamentale de la parole dans le cas où le signal comporte plusieurs voix mélangées (voir page de présentation « Speech fundamental frequency estimation using the Alternate Comb »). Nous coopérons avec nos collègues du groupe TLP sur la détection automatique des instants où deux locuteurs parlent en même temps. F. Signol continue sa thèse sur le regroupement des trames de signal en flux élémentaires produits par chaque locuteur.

### **Objectifs prospectifs**

Dans le cadre du projet Digiteo Roboteo-Ha, nous avons obtenu une allocation de recherche en collaboration avec l'équipe AXIS de l'IEF qui devrait nous permettre de développer la problématique de recherche d'un objet dans un environnement naturel.

Toujours dans le cadre de Digiteo, nous avons également obtenu des financements dans le cadre du projet Auto-Eval déposé conjointement avec le laboratoire ETIS de l'ENSEA (Cergy Pontoise). Ce projet vise à développer des métacontrôleurs permettant à un robot autonome d'identifier les situations dans lesquelles il s'écarte de la tâche qui lui a été assignée, par exemple si sa localisation devient incorrecte après une navigation longue. Cette observation doit pouvoir par exemple permettre d'identifier le ou les capteurs en erreur ou induire un processus d'apprentissage des nouvelles conditions. La notion d'anticipation et la différence entre anticipation et perception effective constituera le moteur essentiel de ces mécanismes.

De façon plus générale, nous continuerons à développer les approches probabilistes selon deux axes :

- mieux cerner les définitions possibles de la notion de saillance visuelle et construire des modèles attentionnels descendants prenant en compte les localisations probables des objets cherchés et leurs caractéristiques visuelles en relation avec le contexte
- Améliorer les modèles de relation perception-action et les modèles sensori-moteurs permettant à un robot d'acquérir des connaissances sur son environnement

## **Thème Image, langage, espace**

*M. Auvray, M.-P. Daniel, M. Denis, M. Galla*

Ce thème regroupe un ensemble de travaux portant sur le rôle de l'image et du langage dans la construction des représentations mentales de l'espace. L'image et le langage constituent deux modes de représentation pourvus de propriétés fortement différenciées, mais dont la coopération est attestée dans de nombreuses formes du fonctionnement cognitif. L'étude de leurs interactions est particulièrement importante pour rendre compte des processus de communication entre agents cognitifs (naturels ou artificiels) appelés à échanger des connaissances sur leur environnement spatial.

### **Mise en évidence des propriétés structurales des images mentales construites à partir de descriptions verbales**

Les analyses chronométriques basées sur le paradigme d'exploration mentale de S. M. Kosslyn et sur un paradigme de comparaison mentale de distances attestent de la similarité structurale des représentations imagées construites à partir de descriptions et des représentations dérivées de la perception. Ces résultats confirment que l'image construite à partir d'une description verbale contient une information structurée de manière comparable à l'information d'origine perceptive. Nos analyses se sont étendues à des situations expérimentales dans lesquelles est mise en évidence la compositionnalité des durées d'exploration mentale de plusieurs distances (voir page de présentation « [Individual differences in mental imagery](#) »).

### **Etude de la cognition spatiale dans un environnement virtuel audio 3D**

En collaboration avec B. Katz, A. Afonso, A. Blum et C. Jacquemin, un environnement virtuel incorporant une interface audio 3D et peuplé d'objets sonores (un tic-tac d'horloge, une sonnerie de téléphone, etc.) a été développé. Nous avons comparé deux conditions d'apprentissage de cet environnement, à savoir par exploration active de la part des participants ou bien à partir du traitement d'une description verbale. En



outre, afin de mieux comprendre le rôle de la vision dans cet apprentissage, trois groupes de participants ont été comparés: aveugles de naissance, aveugles tardifs et voyants ayant les yeux bandés. Après l'apprentissage, les participants reconstruisaient l'environnement à l'aide d'un pointeur permettant de localiser les objets sonores mémorisés. Des mesures de similarité entre la configuration initiale et la configuration reconstruite font apparaître que l'apprentissage par déplacements actifs permet de meilleures estimations des distances absolues entre objets sonores, mais que l'erreur angulaire et l'erreur radiale sont peu différenciées en fonction du type d'apprentissage. Les trois groupes de participants commettent des erreurs peu différentes, mais les aveugles de naissance sont particulièrement défavorisés en ce qui concerne l'erreur angulaire. Enfin, dans une épreuve d'exploration mentale, la corrélation entre les temps et les

distances – signature classique du caractère analogique de la représentation construite – est effectivement obtenue dans les deux conditions d'apprentissage, mais de manière plus marquée et avec des durées absolues plus courtes après l'apprentissage verbal. Les personnes voyantes avec les yeux bandés produisent des réponses manifestant leurs difficultés particulières après l'apprentissage par déplacements.

### **Etudes sur la navigation et la représentation de l'espace en l'absence de vision**

L'étude mentionnée ci-dessus a donné lieu à deux extensions dans le cadre du STREP "Wayfinding" (Union Européenne). La première étude a été menée en collaboration avec B. Katz et A. Blum. Un environnement audio virtuel a été créé (voir page de présentation « [Navigating in a virtual audio environment](#) »), dans lequel des personnes voyantes ayant les yeux bandés se déplaçaient en utilisant un joystick. La tâche consistait à atteindre des cibles sonores distribuées dans l'espace et qui étaient activées les unes après les autres. La moitié des participants étaient équipés d'un "head tracker", qui enregistrait les mouvements de la tête accompagnant la recherche d'informations acoustiques pertinentes (en offrant des indices susceptibles de résoudre les ambiguïtés de localisation des cibles). Les parcours des participants dans l'environnement virtuel ont été reconstruits. L'analyse du nombre de cibles atteintes et de leur temps d'atteinte a révélé de grandes différences individuelles (avec, en général, de meilleures performances chez les personnes jeunes et familières des jeux vidéo). Les participants qui bénéficiaient d'indices acoustiques supplémentaires grâce à l'utilisation du "head tracker" n'ont pas eu en fait de performances sensiblement différentes des autres participants. La seconde étude, menée en collaboration avec B. Katz, A. Afonso et L. Picinali, est actuellement en cours. Elle consiste à déterminer quels sont les indices acoustiques utilisés par les personnes non voyantes pour comprendre la configuration d'un espace clos (l'intérieur d'un bâtiment). Nous avons fait explorer un tel environnement (les couloirs du LIMSI) par des personnes non voyantes munies de micros-oreilles permettant d'enregistrer en temps réel toutes les informations auditives que les personnes recevaient en parcourant l'environnement. D'autres enregistrements ont été effectués le long du même trajet à l'aide de micros 3D. De nouveaux participants entendent ces enregistrements et doivent reconstruire l'environnement auditif virtuel à l'aide de pièces de Lego. Leurs reconstructions seront comparées à celle d'autres participants qui auront appris le même environnement au cours d'un déplacement locomoteur.

### **Analyse des propriétés des images visuelles construites à partir d'une expérience visuelle ou d'une description verbale**

Dans une collaboration de recherche avec C. Thinus-Blanc et P. Péruch (Marseille), nous avons cherché à identifier les similitudes et les différences susceptibles d'apparaître dans les images d'un environnement spatial construites à partir d'une expérience visuelle ou bien d'une description verbale. Dans les deux cas, nous introduisons un contraste supplémentaire tenant à la perspective selon laquelle l'environnement est mémorisé. Ainsi, l'expérience visuelle apporte soit une information en survol (apprentissage d'une carte), soit une information en trajet (présentation vidéo – en images de synthèse – d'un itinéraire traversant l'environnement à apprendre). La description verbale, quant à elle, peut adopter un point de vue en survol ou en trajet. Lorsque les participants sont testés dans une tâche d'exploration mentale, la nature visuelle ou verbale de l'apprentissage n'affecte pas les temps de réponse. En revanche, l'exploration est systématiquement plus rapide lorsque l'apprentissage a permis aux participants de se créer une vue en survol de l'environnement. Lorsque les participants sont invités à effectuer des comparaisons de distances, les performances sont meilleures et les temps de réponse sont plus courts lorsque l'image dérive d'une

expérience visuelle que lorsqu'elle a été construite à partir d'une description verbale. La même relation se dessine en faveur des apprentissages effectués en survol. Il s'avère donc, dans ce contexte expérimental, que les images mentales possèdent des caractéristiques dont certaines sont tributaires des conditions dans lesquelles s'est déroulé l'apprentissage.

### **La description d'itinéraires : développement d'une méthode d'analyse**

L'analyse des processus cognitifs mis en œuvre dans la description d'itinéraires et dans l'aide à la navigation occupe une place majeure dans notre programme expérimental. Si le problème de la linéarisation ne se pose pas de manière aiguë en matière de descriptions d'itinéraires, il n'en reste pas moins que les choix descriptifs effectués par les locuteurs reflètent des opérations cognitives impliquant l'interfaçage entre des représentations internes de l'environnement à décrire et un système assurant des sorties linguistiques pertinentes. Nous avons recueilli plusieurs corpus de descriptions dans des environnements variés (campus, environnements urbains) et nous avons entrepris la classification des propositions issues de leur analyse. Une extension de ce travail a été réalisée dans le cadre du STREP "Wayfinding" sur la comparaison des descriptions écrites et des descriptions orales (M.-P. Daniel et E. Przytula-Machrouh). Les résultats mettent en relief le rôle joué par la modalité d'expression : les descriptions écrites contiennent significativement plus de repères explicitant l'environnement, tandis que les descriptions orales se révèlent davantage dynamiques, elles contiennent plus de prescriptions d'actions à effectuer que n'en contiennent les descriptions écrites.

### **Manipulation d'objets tridimensionnels au sein d'environnements virtuels**

La recherche en interaction homme-machine met au point des dispositifs interactifs destinés à assister les opérateurs qui doivent manipuler des objets tridimensionnels dans les environnements virtuels utilisés dans l'industrie. Une limitation de ces systèmes est de se focaliser sur des manipulations de caractère générique et d'utiliser des tâches très élémentaires sans vraiment considérer les situations d'exécution dans leur complexité. Nous nous proposons d'analyser les processus cognitifs impliqués dans des tâches d'assemblage, puis d'appliquer les résultats obtenus à la conception d'environnements virtuels tridimensionnels. L'objectif est d'identifier les stratégies cognitives mises en œuvre lorsque les objets manipulés passent de deux à trois dimensions. Les résultats issus des protocoles expérimentaux seront appliqués aux dispositifs de réalité virtuelle du LIMSI. Cette recherche engagée en 2006 est menée par S. Abbasi (doctorant titulaire d'une bourse franco-pakistanaise), en co-encadrement avec J.-M. Burkhardt (Unité d'Ergonomie, Université René-Descartes).

## **Thème Usage et activités collaboratives expertes, modèles de situation**

*F. Darses, A. Mayeur, J.P. Rossi*

Ce thème n'existe que depuis septembre 2008 et est actuellement en cours de constitution. Ses objectifs sont de caractériser l'expertise acquise par des individus, telle qu'elle a été forgée par la répétition d'une tâche et telle qu'elle est mise en œuvre dans une situation réelle, donc complexe en terme de relations multifactorielles. Le thème s'intéresse notamment à l'impact de la collaboration sur l'usage qui est fait des dispositifs de travail, et à la prise en considération de ce facteur lors de la conception des systèmes et des interfaces.

### **Modèles de situation**

Les conditions de la compréhension et de l'élaboration des relations causales ont été analysées. Il a été établi qu'elles étaient facilitées si dans les textes, la cause était explicitée avant la conséquence et était proche temporellement tandis que la proximité spatiale et la contingence n'avaient pas d'effets significatifs (Rossi, Fiévé & Martin, 2008).

L'acquisition de la maîtrise des relations spatiales : dans, dehors ; dessus, dedans ; devant, derrière, a été étudiée. Il a été montré que les images-schémas proposées par Jean Mandler (2004) constituaient une représentation mentale plausible du contenu de ces relations (Rossi, 2008, 2009).

L'étude de la notion de concept mental et de ses formes de représentation a été développée. Il a été établi que ces contenus ne se limitent pas aux composantes dénotatives mais comportent aussi des traits connotatifs qui sont souvent antérieurs à l'élaboration des dénotations. De même, les références qui elles aussi précèdent l'élaboration des définitions sont intégrées dans la structure conceptuelle.

Il a été démontré que le contenu des structures conceptuelles varie en fonction de la nature grammaticale des mots et du type de définition qui pouvait leur être appliquées. Les composantes dénotatives des concepts associés aux noms communs désignant des objets ou des êtres vivants étaient constitués de trois types de traits sémantiques : la catégorie d'appartenance lorsqu'elle existe, des traits caractéristiques de type descriptifs (une tortue c'est lent et sa possède une carapace...) et des traits

permettant de différencier l'objet de sa famille (un canari c'est jaune). La présence des catégories, des antonymes et des synonymes associés aux mots est due à l'organisation du réseau conceptuel. Les concepts associés aux verbes comprennent les arguments les plus fréquents. Les dénnotations des mots définis avec des définitions par inclusion sont décrites au moyen de traits sémantiques tandis que ceux qui le sont par des définitions métalinguistiques le sont au moyen d'image-schémas. L'intégration des situations dans la mémoire sémantique repose sur la distinction entre sens associé au mot isolé et significations en contexte. Un modèle de la mémoire sémantique basé sur l'articulation entre un réseau lexical, un réseau conceptuel et un ensemble de schémas de situations et de script est proposé (Rossi, 2010).

### **Collaboration à distance pour la conception créative**

Cet axe de recherche est développé au sein du projet ANR CoCrea (programme *Création*) qui court sur trois ans (2009-2011). Il porte sur les pratiques de collaboration en phase d'esquisse architecturale. Deux modes de collaboration sont examinés : (i) en « co-présence » et (ii) « à distance » entre des acteurs éloignés communiquant via les nouvelles technologies de l'information. Notre but est triple : décrire ces pratiques collaboratives, telles qu'elles existent actuellement ; décrire leurs implications en terme de création ; spécifier les fonctionnalités d'environnements informatiques qui pourraient soutenir l'activité collaborative de création. Le dispositif qui sert de base aux expérimentations est un « studio digital collaboratif », qui recrée les conditions naturelles de conception, en couplant un logiciel de croquis à main levée et un dispositif de visioconférence.

### **Collaboration au sein d'environnements virtuels**

La recherche en réalité virtuelle met au point des dispositifs interactifs destinés à assister les opérateurs qui doivent manipuler des objets tridimensionnels dans les environnements virtuels utilisés dans l'industrie. Une limitation de ces systèmes est de se focaliser sur des manipulations dans des situations individuelles sans vraiment considérer l'apport de la collaboration qui s'exerce souvent dans les situations réelles d'exécution de tâches. L'objectif de cet axe est d'identifier les stratégies cognitives mises en oeuvre lorsque les objets virtuels sont manipulés à plusieurs.

De plus, l'exploration de l'espace et l'action située s'expriment fondamentalement par la multimodalité, alliant audition, vision, geste et interactions. En conséquence, il est nécessaire de modéliser les activités cognitives et l'assistance aux activités collaboratives pour développer des systèmes de RV utiles et utilisables.

Une collaboration est en cours avec le groupe VENISE afin de développer des scénarios d'évaluation d'un démonstrateur collaboratif et multimodal qui permet à deux utilisateurs d'évoluer au sein d'un même environnement immersif (EVE). Une seconde collaboration est également en cours de montage avec le CEA (C. Mégard) autour de la conception d'une plate-forme virtuelle collaborative d'apprentissage à la chirurgie maxillo-faciale (projet Surgiteo).

## **Personnels**

### **Permanents**

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Malika	Auvray	Ch	CR2	CNRS	1
Sylvain	Caillou	ITA	IE2	CNRS	1
Marie-Paule	Daniel	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Françoise	Darses	Ens-Ch	Pr2	U-PSud	1
Michel	Denis	Ch	DREM	CNRS	1
Jean-Sylvain	Liénard	Ch	DREM	CNRS	1
Jean Pierre	Rossi	Ens-Ch	PREM	U-PSud	1
Philippe	Tarroux	Ens-Ch	Pr2	ENS Ulm	1

## Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Sarwan	Abbassi	Informatique	U-PSud	01/12/2006
Mathieu	Dubois	Informatique	U-PSud	01/10/2007

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Cédric	Coussinet	Post-Doc
Mathieu	Gallay	Post-Doc
Anaïs	Mayeur	Post-Doc
François	Signol	CDD

## Participation à des instances

### Administration et animation de la recherche

- directeur adjoint du LIMSI (P. Tarroux)
- "Past President" de l'Union Internationale de Psychologie (M. Denis)
- membre du Bureau Exécutif du Conseil International pour la Science (International Council for Science, ICSU),(M. Denis)
- membre du Bureau du Comité Français des Unions Scientifiques Internationales (COFUSI).(M. Denis)
- membre du Comité National de la Recherche Scientifique, président de la CID 45 (Cognition, Langage, Traitement de l'Information : Systèmes Naturels et Artificiels). (M. Denis)
- membre de l'Institut Bull (J.-S. Liénard)
- directrice adjointe du GDR PsychoErgo n° 3169 (F. Darses)
- organisation de l'école d'été du GDR PsychoErgo n° 3169 (F. Darses)
- responsable de la spécialité Ergonomie, Ingénierie de la Santé et des Facteurs Humains, Univ. U-PSud (F. Darses)
- suivi pour le LIMSI du Projet Equipement de Recherche Mutualisé avec Paris 11, pour l'acquisition d'un oculomètre mobile (M. P. Daniel)

### Responsabilité d'expertise et d'évaluation

J.-S. Liénard est

- membre élu du Comité Scientifique du Réseau d'Ile-de-France de Sciences Cognitives
  - membre de l'ANR "international non-thematic", mai 2009
  - membre du CSD de l'ANR "Blanc", février 2009
  - comité de rédaction de La Revue du Musée du CNAM
  - membre du Comité Scientifique du PRST Intelligence Logicielle de la région Lorraine
  - membre de la commission de spécialistes 61ème section de l'Université Paris Sud 11 (jusqu'en 2007).
- 
- P. Tarroux est membre du comité de programme de Digiteo
  - F. Darses a été membre du comité d'évaluation AERES du laboratoire LAMIH, Valenciennes (2009)

### Comité éditoriaux et comités de programme conférence

M. Denis

- éditeur depuis 2005 de Psychological Research
- membre du Comité Editorial des revues suivantes: Journal of Mental Imagery (depuis 1986), International Journal of Psychology (depuis 1993), L'Année Psychologique (depuis 1995), Spatial Cognition and Computation (depuis 1998), Cognitive Science Quarterly (depuis 1999).

F. Darses

- membre du Comité Editorial du Travail Humain
- co-directrice du Travail Humain, depuis 2010

M. Auvray est membre du comité scientifique de Enactive 08

## Collaborations de recherche

### Au niveau national

- LRI (Orsay) Equipe Inférence et Apprentissage : perception visuelle, apprentissage
- IEF (Orsay) Equipe Axis : véhicule intelligent
- LIRIS (Lyon) (codirection de la thèse de S. Chevallier (soutenue en 2009) et de Ludovic Arnold)
- IBAIC NAMC (Orsay) Codirection de la thèse de C. Huetz (soutenue en 2008)
- avec René Carré, LDL Lyon 2, sur la structure des voyelles (informel) - J.S. Liénard,
- avec le dpt d'Ethologie de Paris X Nanterre (M.Kreutzer), sur l'acoustique des cris de canaris (informel, a abouti à la thèse de Julie Chébaux) - J.S. Liénard
- avec le groupe AMI (Medhi Ammi), le groupe AERO (Luc Pastur, Florimond Gueniat) pour l'évaluation d'un système pédagogique orienté réalité virtuelle et haptique pour l'enseignement des systèmes dynamiques (pendule forcé) A. Mayeur
- Avec le LIMSI : Philippe Tarroux, Michel Denis, Brian Katz, Mehdi Ammi – M. Auvray
- Avec Paris 5 : Mark Wexler, Sylvain Hanneton, Agnes Roby-Brami, Kevin O'Regan– M. Auvray
- Avec l'Institut Jean Nicod : Sacha Bourgeois-Gironde– M. Auvray
- Avec L'Université de Technologie de Compiègne : Charles Lenay– M. Auvray
- Avec le LEPSIS-LCPC pour des collaborations autour de la perception en environnements dynamiques – A. Mayeur et F. Darses

### Au niveau international

- avec Pierre Divenyi, EBIRE, Martinez (Californie) sur séparation de flux de parole (invité Digitéo 2 mois en 2009)
- Faculté Polytechnique de Mons (Belgique) : analyse du signal, synthèse de parole, capture gestuelle
- University College Dublin, dept. Comp. Sci.: synthèse de la parole, capture gestuelle
- Projet MIME (Movement in the Mind's Eye), soutenu par les Canadian Institutes for Health: cognition spatiale
- Département de Psychologie de l'Université de Stanford. : cognition spatiale (bourse post-doc DGA)
- Département de Psychologie de l'Université d'Harvard : cognition spatiale (bourse post-doc DGA)
- Charles Spence, Department of Experimental Psychology, Oxford University – M. Auvray
- Alberto Gallace, Dipartimento di Psicologia, Università degli Studi di Milano Bicocca, Milano, Italy – M. Auvray
- Kai Vogeley et Leonhard Schilbach, Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Universität zu Köln (université de Cologne) – M. Auvray
- Massimiliano Zampini, Center for Mind/Brain Sciences, University of Trento – M. Auvray
- Erik Myin, Centre for Philosophical Psychology, Department of Philosophy, University of Antwerp, Belgium – M. Auvray
- Hong Z. Tan, Haptic Interface Research Laboratory, Purdue University, West Lafayette, USA – M. Auvray

## Contrats de recherche et valorisation

### Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
01/04/2005	31/03/2008	WAYFINDING	STREP	Contrat avec la commission européenne	UE	Postma Albert	Denis Michel	169 918,00
15/12/2008	14/12/2011	CoCREA	CREATION	Collaboration de recherche	ANR	Darses Françoise	Darses Françoise	205 000,00
01/10/2009	30/09/2012	SpaLife	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Gyselinck Valérie	Daniel Marie-Paule	82 380,00

## Production scientifique

### Thèses

1. Chevallier, S. (2009). *Implémentation d'un système préattentionnel avec des neurones impulsionsnels*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI
2. Guillaume, H. (2009). *Explorer pour reconnaître : approche probabiliste pour la reconnaissance de lieux par un robot mobile*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
3. Signol, F. (2009). *Estimation de fréquences fondamentales multiples en vue de la séparation de signaux de parole mélangés dans un même canal*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.

### Revue à comité de lecture

1. Abbasi, S. A., J. M. Burkhardt and M. Denis (2009). "Spatial problem solving : assembling three-dimensional puzzles in real and virtual environments." *Cognitive Processing* **10**(suppl. 2): 179-181.
2. Afonso, A., A. Blum, B. F. G. Katz, P. Tarroux, G. Borst and M. Denis (2010). "Structural properties of spatial representations in blind people : scanning images constructed from haptic exploration or from locomotion in a 3-D audio virtual environment." *Memory & Cognition* **38**: 591-604.
3. Auvray, M. and E. Myin (2009). "Perception with compensatory devices : from sensory substitution to sensorimotor extension." *Cognitive Science* **33**(6): 1036-1058.
4. Daniel, M. P., E. Przytula and M. Denis (2009). "Spoken versus written route directions." *Cognitive Processing* **10**(suppl. 2): 201-203.
5. Darses, F. (2009). "Résolution collective des problèmes de conception." *Le Travail Humain* **72**(1): 43-59.
6. Denis, M. (2008). "Assessing the symbolic distance effect in mental images constructed from verbal descriptions : a study of individual differences in the mental comparison of distances." *Acta Psychologica - International Journal of Psychonomics* **127**(1): 197-210.
7. Denis, M. (2008). "Jean-François Le Ny : un parcours cognitif." *L'année psychologique* **108**: 169-183.
8. Denis, M. (2008). "Prof. Michael I. Posner, first recipient of the Mattei Dogan Foundation Prize in Psychological Science." *International Journal of Psychology* **43**: 997-1002.
9. Rossi, J. P. and N. Campion (2008). "Inférences et compréhension de textes." *Rééducation orthophonique* **46**(234): 47-62.

### Chapitres d'ouvrage

1. Denis, M. and S. Donikian (2009). *Navigation et cognition spatiale : de l'étude de l'humain réel à la simulation de l'humain virtuel*. Le traité de la réalité virtuelle. Vol. 5 : Les humains virtuels. S. Donikian, Presses de l'Ecole des Mines de Paris: 285-301.
2. Tversky, B., J. Heiser, P. Lee and M. P. Daniel (2009). *Explanations in gesture, diagram, and word. Spatial language and dialogue*. K. R. Coventry, T. Tenbrink and J. A. Bateman, Oxford University

### Conférences à comité de lecture

1. Abbasi, S., J. M. Burkhardt and M. Denis (2009). *Assister le montage d'objets en réalité virtuelle: Etude préliminaire de la résolution de problèmes tri-dimensionnels en environnement réel*. EPIQUE 2009. 5e Colloque de Psychologie Ergonomique. 65-72
2. Beaudoin, M., A. Antoni and F. Darses (2009). *Du tri manuel au tri automatisé des déchets recyclables : intégration de l'analyse des stratégies individuelles et collectives des trieurs*. SELF2009. Ergonomie et Organisation du Travail, 44ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française. 381-388
3. Chevallier, S. and P. Tarroux (2008). *Covert attention with a spiking neural network*. ICVS 2008. 6th International Conference on Computer Vision Systems. 56-65
4. Chevallier, S. and P. Tarroux (2008). *Implémentation d'un mécanisme de "covert attention" avec un réseau de neurones impulsionsnels*. NeuroComp'2008. 2e Conférence Francophone de Neurosciences Computationnelles. 4p
5. Chevallier, S. and P. Tarroux (2008). *Visual focus with spiking neurons*. ESANN 2008. 16th European Symposium on Artificial Neural Networks. 385-389
6. Guibert, S. and F. Darses (2009). *Evaluation ergonomique d'un changement organisationnel : la mise en place d'une nouvelle prescription*. SELF2009. Ergonomie et Organisation du Travail, 44ème Congrès de la Société d'Ergonomie de Langue Française.
7. Guibert, S., F. Darses and J. F. Boujut (2009). *Using annotations in a collective and face-to-face design situation*. ECSCW 2009. 11th European Conference on Computer Supported Cooperative Work. Paru dans : Volume package Proceedings of the Second European Conference on Computer-Supported Cooperative Work - ECSCW - Wagner, I.; Tellioglu, H.; Balka, E.; Simone, C.; Ciolfi, L. (Eds.). ??
8. Liénard, J. S., C. Barras and F. Signol (2008). *Using sets of combs to control pitch estimation errors*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. Paru dans : POMA (Proceedings of Meetings on Acoustics), Acoustical Society of America, vol 4. 6p
9. Picinali, L., B. F. G. Katz, A. Afonso and M. Denis (2008). *Creazione di un sistema di realta virtuale per soggetti non vedenti : confronto tra due diverse tecniche di registrazione audio in 3D e progettazione di un modello acustico per la navigazione*. 35th National Congress of the Associazione Italiana di Acustica. 8p

10. Picinali, L., B. F. G. Katz, A. Afonso and M. Denis (2009). *Creazione di un sistema di realtà virtuale per soggetti non vedenti, parte II : confronto tra navigazione reale e navigazione virtuale in un modello acustico 3D*. 36° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica. 8p
11. Przytula-Machrouh, E. (2008). *Informateur et demandeur partagent-ils le même point de vue sur l'information? L'exemple de la description d'itinéraire*. SELF 2008 - Ergonomie et Conception : concevoir l'activité humaine. 43ème Congrès de la Société d'Ergonomie de la Langue Française. 7p
12. Signol, F., C. Barras and J. S. Liénard (2008). *Evaluation of the pitch estimation algorithms in the monopitch and multipitch cases*. Acoustics'08. 9e Congrès Français d'Acoustique of the SFA. 6p
13. Signol, F., J. S. Liénard and C. Barras (2010). *Influence de la décision voisé/non-voisé dans l'évaluation comparative d'algorithmes d'estimation de F0*. JEP 2010. 28e Journées d'Etude sur la Parole. 4p

#### Congrès sans actes, workshops

1. Auvray, M., A. Gallace and C. Spence (2009). *Short term memory for tactile stimuli presented on the fingertips and across the body surface*. IMRF 2009. 10th International Multisensory Research Forum: Poster.
2. Auvray, M., A. Gallace and C. Spence (2009). *What perspective do people take when interpreting tactile letters presented on their bodies?* IMRF 2009. 10th International Multisensory Research Forum: Poster.
3. Auvray, M., T. Hoellinger and A. Roby-Brami (2009). *Perceptual weight judgment when viewing own and other's movements under minimalist conditions of visual presentation*. IMRF 2009. 10th International Multisensory Research Forum: Poster.
4. Denis, M. (2008). *Enhancing the involvement of social sciences in ICSU*. Twenty-ninth General Assembly of the International Council for Science.
5. Denis, M. (2008). *Human spatial cognition: introduction to the symposium*. IUPsyS invited Symposium "Human Spatial Cognition: New Avenues of Research". XXXIXème Congrès International de Psychologie.
6. Denis, M. (2008). *Report from the Union Member's Forum*. Twenty-ninth General Assembly of the International Council for Science.

PATRICK BOURDOT

## Introduction

VENISE (Virtualité et ENvironnement Immersif pour la Simulation et l'Expérimentation) est le groupe de recherche en Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A) du LIMSI-CNRS. Nos travaux scientifiques portent sur divers types d'environnements immersifs, collectifs (RAVE, CAVE, Workbench...), individuels (HMD, See-through...), multi-sensori-moteurs (visuel, audio, haptique...), le tout dans le contexte de différents domaines d'application. Issu de l'ancienne action transversale du même nom, le groupe VENISE a pour objectif de recherche la conception de modèles et de systèmes visant à rendre plus « naturelles », ou à défaut plus intuitives, les interactions immersives et collaboratives, au sein de mondes virtuels éventuellement couplés avec l'univers réel.

Le premier thème de ce groupe concerne donc tout naturellement les **modèles d'interaction en RV&A**. Ce thème couvre plusieurs types de problématiques, allant de la conception de paradigmes interactifs dédiés (contrôle des navigations virtuelles, fonctionnalités de rendu sensorimotrices...) à l'élaboration de systèmes intelligents permettant la supervision multimodale des interactions immersives, qu'elles soient individualisées ou collaboratives, purement virtuelles ou en Réalité Mixte. Sur les problématiques de ce thème, la question de la tâche est récurrente, car il convient de justifier systématiquement l'apport de la RV&A par rapport aux modes d'interaction existants.

L'interaction en RV&A supposant des traitements temps réel, se pose naturellement la question des **modèles de données ou de simulation** des applications visées. Ce second thème s'interroge sur les moyens d'un continuum entre les modèles sous-jacents aux applications et les techniques de la RV&A. Cette démarche est bien entendu relativement différenciée selon les applications, mais il y a au demeurant trois grandes familles d'approches qui entrent parfois en compétition au sein d'un même type d'application. La première concerne l'étude des données à explorer (supposées massives et complexes) pour tirer le meilleur profit des technologies de RV&A. La seconde famille s'intéresse aux techniques permettant de simuler en temps réel les phénomènes à étudier à l'aide de la RV&A. La troisième vise à élaborer des modèles permettant une meilleure intégration de l'application avec les techniques de RV&A.

L'ensemble de notre activité est illustré par le développement de plusieurs démonstrateurs, certains très spécialisés et visant la réalisation d'évaluations psychophysiques, d'autres plus orientés vers l'analyse de scénarios d'usage en lien avec différents domaines d'applications. Pour ces derniers, quatre grandes classes d'applications de la RV&A sont étudiées : les applications scientifiques (exploration et simulation en Mécanique des Fluides et en Biologie structurale), la pédagogie des sciences (en lien avec la simulation de phénomènes gravitationnels et relativistes), le contrôle distant de véhicules autonomes avec des approches de Réalité Augmentée, et enfin la Réalité Virtuelle dans le cycle de vie du produit manufacturé. Ces applications seront évoquées à différentes reprises dans les deux thèmes du groupe.

En marge de nos activités de recherche, nous avons mené à bien la spécification et le dialogue compétitif pour la réalisation de notre grand dispositif de RV&A, le **système EVE** (Evolutive Virtual Environment), qui a été livré en décembre 2009. Ce projet d'équipement lourd, qui a successivement occupé depuis près de 10 ans l'ex-groupe « Geste et Image », l'ex-action transversale VENISE et aujourd'hui le groupe du même nom, a donc atteint son terme avec succès. Cofinancé par le CNRS et le RTRA DIGITEO (cf. : projet « SIMCoD » labellisé fin 2007), le système EVE est composé d'une dalle rétro projetée de 13 m<sup>2</sup> et de plusieurs écrans de près de 5 mètres de haut. La technologie de visualisation haute définition temps réel en double stéréoscopie permet à deux groupes d'utilisateurs ayant des points de vue virtuels différents de percevoir un relief visuel exact pour chacun d'eux, spécificité technologique visant des travaux sur les problématiques de l'immersion collaborative co-localisée. Par ailleurs, des rendus audio 3d de grande finesse sont également possibles grâce aux qualités acoustiques des projecteurs et de la halle qui accueille ce dispositif. Couplé à différents périphériques haptiques préalablement acquis par l'équipe VENISE, l'ensemble constitue donc un outil scientifique unique en son genre pour l'étude des interactions multi-sensorimotrices immersives.

En parallèle, le groupe VENISE a continué à développer son action visant au rayonnement local, national et international du LIMSI dans le domaine de la RV&A.

Au niveau international, nous avons poursuivi notre mission de coordinateur des laboratoires CNRS dans le NoE INTUITION « Network of Excellence on vIrtual reality aNd virTual environments applIcatIOns for

future workspaces » du 6ème programme cadre IST. Au cours des dernières années de ce REX, outre notre action dans le Core Group du projet, nous avons en particulier assuré le leadership du working package WP1.A.2 « State of the art and literature review » et avons été partenaire actif des working groups WP2.2 « Augmented Reality », WP2.6 « Engineering & Design » et WP2.10 « Haptic ». A l'issue de ce projet (fin octobre 2008), nous nous sommes investis dans la création de EuroVR, l'association européenne de RV&A visant à pérenniser les résultats du NoE INTUITION. Membre fondateur de cette association, nous siégeons aussi dans son Executive Board où nous sommes en charge de la politique d'animation des Special Interest Groups (SIGs). Le système EVE évoqué précédemment a d'ailleurs été inauguré en mai dernier sous le patronage de cette association, puisque le meeting EuroVR-EVE 2010 (<http://eurovr-eve-2010.limsi.fr/>), qui a réuni 90 participants issus de 13 nations, visait non seulement à présenter au niveau international cet outil scientifique extrêmement novateur, mais aussi à réunir la communauté des acteurs européens de la RV&A impliqués par trois des SIGs de EuroVR.

Au niveau national, nous avons mené à bien notre contribution au projet ANR « PERF-RV2 » qui s'est achevé en juin 2009. En partenariat avec PSA Peugeot-Citroën, la société Vecsys et le CEA/List, nos travaux portaient globalement sur la conception d'un système de fusion multimodale (parole, geste) pour la RV susceptible d'être embarqué sur différentes plateformes logicielles, si possible largement distribuées. Outre la preuve de la généralité de nos solutions, cette démarche permet à moyen terme d'élargir le nombre de scénarios d'usages et de sujets sur lesquels évaluer l'apport de la multimodalité en RV, et vise à plus long terme la popularisation de nos résultats. Par ailleurs, le groupe VENISE a assuré jusqu'à son terme le leadership du projet ANR « CoRSAIRE » qui s'est achevé en novembre 2009. Basé sur un consortium de 5 partenaires (LIMSI-CNRS, IRCAM-CNRS, EBG-INSERM, LEI-Paris 5, Haption S.A.), ce projet abordait les problématiques de la multimodalité en sortie (visuelle, audio 3d et haptique) et son apport à l'analyse immersive de données massives, et ce en articulation avec les deux applications scientifiques déjà évoquées. Outre la publication scientifique significative qu'a engendrée ce projet, deux démonstrateurs ont été réalisés (voir vidéos sur site web : <http://www.limsi.fr/venise/CoRSAIRE.html>) et constituent un ensemble logiciel qui va servir à la poursuite des recherches sur ces problématiques. Enfin l'autre fait marquant de la période en termes de contrat a été l'acceptation du projet ANR Blanc « EVEILS » (Espaces Virtuels pour l'Education et l'Illustration Scientifique) qui sera détaillé dans le thème 2.

Au niveau local, nous nous sommes impliqués dans le projet de réhabilitation 2010-2013 du Master d'Informatique de l'Université Paris-Sud 11, implication qui nous a permis de proposer 6 modules d'enseignements liés à la RV&A dont l'un obligatoire. Au niveau de l'université encore, un ATER va rejoindre le groupe VENISE à partir de septembre prochain pour travailler avec nous sur la problématique de l'intégration RV-CAO (voir thème 2). Par ailleurs, nous avons déposé et obtenu plusieurs projets dans le cadre du RTRA DIGITEO. Il s'agit principalement du projet « SIMCoD » déjà évoqué et qui concerne la mise en place et l'interconnexion de plateformes matérielles (la première étant le système EVE) entre trois laboratoires de DIGITEO (LIMSI-CNRS, CEA/List, IEF). L'objectif de ce projet est de créer sur le plateau de Saclay un pôle de RV&A d'audience internationale sur les problématiques du travail collaboratif et de la téléopération entre dispositifs immersifs, multi-sensorimoteurs, co-localisés et distants. En articulation avec ce projet, la période a été aussi marquée par l'obtention d'une Chaire DIGITEO de 3 ans pour Tobias Isenberg actuellement professeur assistant à l'Université de Groningen (Hollande). Il s'agit du projet « AVENIR » qui débutera en septembre 2010 et qui va permettre de développer une collaboration entre le groupe VENISE et l'équipe AVIZ de l'INRIA-Saclay sur le rendu visuel non photo-réaliste de données complexes, en situation immersive et couplée à une table interactive pour ce qui nous concerne.

Enfin, au-delà des perspectives déjà évoquées ci-dessus, nous allons co-organiser en décembre prochain avec le CEA/List les 5èmes journées scientifiques de l'AFRV (association française de RV&A). Par ailleurs, en termes de retombées du meeting EuroVR-EVE 2010, nous menons actuellement des discussions avec plusieurs partenaires industriels potentiels en vue de thèses CIFRE ou de collaborations scientifiques, tandis qu'une coopération scientifique est en préparation avec une équipe du German Research Center for Artificial Intelligence (voir thème 1).

## Présentation de la recherche

### Thème « Modèles d'interaction en RV&A »

*P. Bourdot, J.-M. Vézien, N. Férey, D. Touraine, F. Picon, B. Ménélas, W. Zhang, A. Tek, P. Martin, P. Cazaux.*

#### **Etude des canaux sensorimoteurs**

Nos travaux se sont poursuivis sur la conception de nouveaux paradigmes et métaphores d'interaction sensorimoteurs. L'objectif de la mise au point de ces nouvelles fonctionnalités est moins le rendu réaliste de scènes que l'étude des apports de ces modalités pour faciliter la collaboration entre l'humain et des applications aux données complexes ou ayant un modèle physique spécifique. Ces recherches visaient tout d'abord l'haptisation et la sonification de données en relation avec le projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRe » qui s'est achevé en novembre 2009. Dans ce contexte, *Bob Ménélas* est en train de terminer son mémoire de thèse (soutenance prévue en septembre 2010) sur le rendu multi-sensoriel (visuel, haptique et sonore) en Environnements Virtuels pour l'exploration de données scientifiques complexes. Dans un premier temps, nous avons en particulier étudié le rôle de l'haptique dans l'exploration des ensembles de données, et nous avons proposé différentes méthodes multimodales dédiées pour faciliter le processus d'exploration. Nous nous sommes intéressés ensuite à l'exploration d'un ensemble de données issu de la simulation de l'écoulement d'un fluide dans une cavité ouverte. Après une analyse de l'enjeu représenté par ce genre de phénomène et des besoins utilisateurs, nous avons proposé deux méthodes d'analyse multi-sensorielle en utilisant les approches génériques développées au préalable. De son côté A. Tek, stagiaire M2R de mars à août 2009, a étudié un nouveau paradigme de manipulation haptique inspiré de travaux antérieurs de l'équipe sur le contrôle des navigations virtuelles. Ce paradigme gère non seulement une atténuation des mouvements grâce à une interpolation des rotations 3d (via le formalisme quaternion et la fonction SLERP), mais il dispense de plus l'utilisateur de percevoir (visuellement et/ou haptiquement) les limites de l'espace de travail du périphérique, grâce à un concept de référentiel neutre par rapport auquel s'exerce une force de rappel.

L'autre volet de cette activité porte sur l'assistance sensorimotrice que les technologies de RV peuvent apporter à certaines tâches. En l'occurrence, pour l'aide à l'édition d'objets en Conception Assistée par Ordinateur (CAO), nous avons mis au point, lors de la période précédente, des solutions haptiques pour disposer d'une plus grande précision dans la sélection de composants géométriques et, plus globalement, pour percevoir la topologie de ces objets. Avec *Flavien Picon*, qui soutiendra sa thèse en juin 2010, nous avons donc poursuivi cette recherche en étudiant l'apport de l'haptique lors d'interactions de modification des objets CAO. D'une part, nous avons proposé des solutions originales pour percevoir à l'aide ce canal sensorimoteur des informations géométriques sur des courbes avant et pendant leur édition. D'autre part, un cas prototypique de l'édition volumique a été étudié, à savoir l'extrusion, où nous avons en particulier mis en exergue l'apport de l'haptique dans la perception de référents géométriques. Ces travaux s'accompagnent d'une réflexion de fond sur un modèle de données d'intégration RV-CAO qui sera détaillé au thème 2.

#### **Interactions Multimodales et Collaboratives en EV**

Nos travaux sur la fusion multimodale en situation immersive se sont poursuivis dans le cadre du projet ANR RNTL « Perf-RV2 » qui s'est achevé en juin 2009. Ces travaux visaient à allier au sein de dispositifs de RV&A, le suivi de mouvements, la reconnaissance de la parole et la reconnaissance de gestes bi-manuels, cette dernière composante résultant de notre collaboration avec l'action thématique « Geste », aujourd'hui thème du groupe ILES. Deux enjeux d'importance ont été finalisés dans ce contexte. Tout d'abord, nous avons prouvé que notre moteur de fusion initialement développé sur notre plateforme logicielle interne (cf. EVserveur/EVI3d) pouvait être entièrement embarqué sur une plateforme commerciale de RV (cf. Virtools). D'autre part, nous avons pu démontrer l'aspect générique de ce moteur de fusion, au sens où il est entièrement reconfigurable (par fichier XML) pour diverses applications. En l'occurrence, outre son application au scénario industriel de notre partenaire de Perf-RV2 (cf. PSA Peugeot Citroën), le même moteur de fusion, exploitant un autre système de reconnaissance vocale, a pu être exploité sur une application académique visant l'étude de la cognition de l'espace (Thèse de S. Abbasi dirigée par M. Denis du groupe CPU et J.-M. Burkhardt de l'Université Paris-Descartes). Nos perspectives sont maintenant de démontrer que la multimodalité en entrée dans des applications de RV&A apporte effectivement d'avantage d'efficacité dans la réalisation de certaines tâches, et pour cela des évaluations psychophysiques et ergonomiques vont être menées sur des scénarii définis à cet effet.

Concernant la supervision multimodale des rendus en RV&A, une thèse a été achevée au cours de la période précédente sur le sujet dans le cadre du projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRe ». A moyen terme,

notre objectif est d'interfacer notre superviseur des rendus sensorimoteurs avec notre moteur de fusion multimodale dédié RV&A.

Entre temps, une activité a été engagée sur les Environnements Virtuels Collaboratifs. L'intérêt de VENISE pour cette problématique n'est pas nouveau, puisque dans notre ancien dispositif immersif MuSE nous avons expérimenté une technologie de double-stéréoscopie (séparation « passive » de deux stéréoscopies « actives »). Cependant, cette technologie n'offrait pas une séparation satisfaisante des reliefs de chaque utilisateur (apparition de fantôme en quelques secondes). Le système EVE pallie radicalement à ce défaut en utilisant de façon inverse la même base technologique (séparation « active » de deux stéréoscopies « passives »). A moyen terme, nous allons étudier les différences systémiques et ergonomiques qui existent entre des collaborations immersives « co-localisées » (cf. multi-stéréoscopie) et celles qui s'opèrent entre deux dispositifs immersifs distants. En parallèle, nous sommes en train de faire évoluer nos solutions multimodales en entrée comme en sortie pour qu'elles puissent gérer plusieurs utilisateurs locaux et/ou distants. A long terme, d'autres perspectives plus critiques seront aussi abordées, comme par exemple, les problèmes d'annotation 3d et la gestion/partage des connaissances construites au cours de telles situations de travail.

### **Réalité ou Virtualité Augmentée**

Au cours de cette période nous avons poursuivi nos recherches en Virtualité Augmentée pour la télé-présence et la télé-supervision en Environnement Virtuel de véhicules distants (projet SACARI, Supervision of an Autonomous Car by an Augmented vRtuality Interface). Suite aux stages de S. Li et Y. Li (collaboration avec l'Université de Zhejiang en Chine), qui portaient sur l'intégration de composants supplémentaires de géolocalisation, des travaux viennent de s'achever pour valider l'interface de contrôle et de conduite distante d'un véhicule électrique (fauteuil roulant) dans le contexte du stage de M2R de *Pierre Cazaux*.

Plus fondamentalement, le concept d'augmentation d'une scène virtuelle par des données stéréoscopiques et audio 3d issues d'un milieu réel distant n'avait jusque là été validé que dans des scènes d'intérieur (cf. Thèse de A. Tarault achevée en février 2008). Le passage à un milieu extérieur sur réseau routier, dans des conditions réalistes, requiert un effort de recherche dans les domaines du calibrage, de la reconstruction 3d, du recalage réel/virtuel, pour adapter les solutions existantes à la problématique de la supervision distante d'un véhicule. Des travaux ont débuté en ce sens dans le cadre du séjour doctoral d'une année de W. Zhang entre 2008 et 2009 au sein de l'équipe VENISE (cotutelle entre l'UPS 11 et l'Université de Zhejiang). Ce travail a porté sur la reconnaissance supervisée d'objets à partir de tables de codage (codebook) formées sur la représentation en cartes de contours de classes d'objets. En 2009 et 2010 les travaux ont porté sur la spécification et la validation de tests de l'interface avec un accent sur l'évaluation de la présence immersive dans une tâche de conduite. Un démonstrateur servant de base à cette expérimentation a pu être montré lors de l'inauguration du grand dispositif EVE.

Nous espérons amplifier ces travaux en obtenant une bourse de thèse pour P. Cazaux et en développant notre collaboration avec le German Research Center for Artificial Intelligence (DFKI GmbH) dans le domaine du recalage temps-réel sans marqueur (approche hybride par fusion de données inertiel/visuel). Par ailleurs, il est prévu un interfaçage avec le véhicule autonome en cours de développement à l'IEF, dans l'optique d'un test à l'échelle 1 sur le plateau d'Orsay.

### **Thème « Modèles de données et de simulation »**

*S. Boivin (INRIA<sup>9</sup>), N. Férey, J.-M. Vézien, P. Bourdot, D. Touraine, S. Noury, T. Doat, A. Tek, F. Picon, P. Martin*

#### **Simulation temps réel de phénomènes physiques**

En articulation avec l'application de Mécanique des Fluides, des travaux ont été lancés pour la simulation temps-réel d'écoulements instationnaires. L'enjeu est que cette simulation reste valide du point de vue des chercheurs et ingénieurs du domaine, de sorte à ce qu'ils puissent mener en Environnement Virtuel des analyses sur les phénomènes physiques qui les intéressent. Ceci est l'objet de la thèse que S. Noury a commencé en 2009 sous l'encadrement de S. Boivin, chercheur INRIA, collaborateur extérieur de l'équipe. L'intérêt de la simulation temps-réel de fluides ne réside pas tant dans l'implémentation matérielle d'algorithmes physiques existants, que dans les perspectives de recherche fondamentale et appliquée que cette dernière apporte. En effet, le fait de pouvoir simuler en temps-réel et toujours de façon exacte un phénomène, qui initialement requérait des jours de calcul, ouvre les portes à des recherches scientifiques variées. On notera par exemple la possibilité de mélanger des approches à base de particules (à ne pas

---

<sup>9</sup> Collaborateur extérieur, Directeur de la Recherche et du Développement de SolidAnim (94).

confondre avec les approches particulières) avec des méthodes à base de tourbillons, ou encore l'étude d'interaction entre des fluides et des objets complexes.

Par ailleurs, afin d'accéder au temps-réel dans ces simulations, une des approche suivie se base principalement sur des méthodes d'implémentation matérielle GPU et logicielle (CUDA, OpenCL ...) récentes, qui nécessitent l'acquisition lourde de compétences et un travail de recherche important pour paralléliser les codes actuels disponibles dans ce contexte. C'est dans ce cadre qu'un projet GENCI/Caps Entreprise a été déposé par N. Férey et S. Noury et accepté, pour bénéficier de l'expertise d'ingénieurs spécialisés dans le portage et la parallélisation de code sur GPU, pour adresser le problématique de calcul de distance bornée entre particules en temps réel, problématique commune à la dynamique des fluides et à la simulation moléculaire.

Enfin, un des principaux intérêts des simulations numériques temps réel est de pouvoir envisager à moyen terme un contrôle interactif de cette simulation. Une Action Incitative, débutée en Avril 2010, et portée par N. Férey, aborde cette thématique de recherche très prospective, et devra statuer sur la faisabilité, l'intérêt d'un tel outil, et sur les modalités du contrôle interactif de ces simulations, et finalement identifier les verrous scientifiques liés à la réalisation d'une Soufflerie Virtuelle Interactive.

### **Simulation Moléculaire**

Dans le cadre du projet ANR « CoRSAIRE », A. Tek a mené des travaux sur un rendu haptique précis et un retour d'effort localisé dans un contexte de simulation rigide des liaisons moléculaires. Pour ce faire, il a adapté la méthode utilisant les surfaces des objets 3d proposée par David E. Johnson et al. pour calculer un retour des collisions atomiques, ce qui revient à utiliser un modèle simplifié des interactions de Van der Waals. Il a depuis été recruté en thèse par l'équipe de M. Baaden au Laboratoire de Biochimie Théorique (UPR CNRS 9080) de l'IBPC.

Par ailleurs, le modèle moléculaire rigide, imposé par la plateforme de visualisation *Pymol* dans le projet « CoRSAIRE » et choisi pour simplifier la problématique du docking de protéine afin de se concentrer sur celle des rendus et de la supervision multimodales, est insuffisant pour étudier tous les cas de docking de protéines dans lesquels de grands changements conformationnels sont observés durant ce processus. En profitant de ses travaux postdoctoraux et de ses collaborations historiques, N. Férey travaille de manière conjointe avec le Laboratoire de Biochimie Théorique, sur l'élaboration d'un modèle de simulation moléculaire multi-échelle, compatibles avec le temps interactif, et tirant profits des modalités d'interactions classiquement utilisées en Réalité Virtuelle. Cette approche, ainsi que les résultats issus de son utilisation, ont été récemment publiés dans une conférence internationale (cf. *Pac. Symp. Biocomput.*) et une revue à forts facteurs d'impacts (cf. *Nucleic Acids Research*).

### **Simulation de phénomènes physiques inaccessibles à l'expérience directe**

Cette activité vise, depuis 2009, à explorer le potentiel de la RV dans plusieurs domaines scientifiques, par une approche pluridisciplinaire associant physiciens, didacticiens et spécialistes en RV. Alors que la RV cherche la plupart du temps à simuler notre environnement physique immédiat pour en reproduire les propriétés, nous visons ici à explorer des domaines inaccessibles à l'expérience directe. Le projet ANR porteur de cette activité, baptisé « EVEILS » (Espaces Virtuels pour l'Education et l'Illustration Scientifique), s'intéresse à deux disciplines : la relativité et les phénomènes gravitationnels. En 2009, l'activité a été initiée par une double approche sur la perception et la compréhension de la physique relativiste :

- d'une part, une réflexion « amont » sur les aspects didactiques : sur la base de travaux antérieurs sur le sujet, des questionnaires ont permis d'identifier les principaux obstacles à la compréhension des concepts fondamentaux de la physique relativiste. Ainsi, la notion de relativité de la simultanéité, du caractère non-absolu du temps sont sources de méprises et de jugements erronés de la part d'étudiants, même de haut niveau ;
- d'autre part, la mise en place d'un moteur de simulation de la physique relativiste, qui permettra, à terme, de monter les premières expérimentations virtuelles ayant pour objectif d'amener les étudiants à comprendre, par l'interaction immersive, la nature même des phénomènes mis en jeu. Ce moteur de simulation graphique fait appel aux équations fondamentales de la physique pour calculer, à chaque instant et pour chaque objet, quel évènement spatio-temporel a généré (dans le passé) les photons qui frappent la caméra virtuelle à un instant donné. Ce calcul s'effectue en temps-réel par l'utilisation des capacités graphiques des GPU (par le biais de Shaders), et exploite la notion d'invariant spatio-temporel.

Nous travaillons en parallèle sur la conception de l'expérimentation elle-même, qui se déroulera dans le nouveau dispositif de RV de l'équipe et sera probablement développée sur la plateforme *Virtools*.

## Modèle d'intégration RV-CAO

Dans l'organisation du travail autour du cycle de vie du produit (ou PLM), les techniques de RV intéressent de plus en plus l'industrie. Nos recherches sur l'interaction multimodale et collaborative en RV&A présentés au thème 1 ont justement pour application l'ingénierie de la production. Concernant la conception du produit, mis-à-part les phases créatives du processus (esquisses, style...), peu de travaux ont été menés sur la problématique de l'intégration RV-CAO qui vise l'amélioration des interfaces des systèmes CAO via des technologies de RV. Les approches actuelles dans ce domaine consistent en fait à dupliquer et faire communiquer deux représentations 3d d'une même scène : celle du système CAO et celle de la plateforme de RV. La principale faiblesse d'un tel couplage est la perte des informations tant géométriques que sémantiques, voire celles relatives aux connaissances métiers qui sont très largement portées par les modèles natifs des systèmes CAO.

Depuis quelques années (cf. thèse de T. Convard soutenue fin 2005), nous travaillons donc à la définition d'un modèle d'intégration RV-CAO articulé sur les concepts fondamentaux de la CAO : Graphe d'Historique de Construction des objets (GHC), B-Rep, *feature*, *persistent naming*... Les caractéristiques de notre modèle sont : (i) permettre l'accès « direct » aux données natives des systèmes CAO ; (ii) rendre autant que possible temps réel la modification des objets sans devoir forcément éditer explicitement leurs composants ; (iii) faire que l'objet en cours d'édition « participe » à sa propre modification ; (iv) élaborer un système permettant d'inférer, à partir des interactions de l'utilisateur, ses intentions en termes de modifications les données CAO. C'est dans ce contexte que, pour améliorer la précision des interactions 3d en situation immersive, nous avons mené de 2006 à 2010 une première série de travaux sur l'apport du canal haptique à l'édition d'objets CAO (cf. « Etude des canaux sensorimoteurs » du thème 1). De plus, durant cette même période, nous avons également engagé une large étude sur l'applicabilité et la preuve de l'utilisabilité de notre modèle d'intégration RV-CAO en lui-même.

Dans son principe, notre modèle est applicable à tout système qui utilise les concepts clefs de la CAO. Cependant notre démonstrateur (application VRAD) s'appuyait jusqu'à présent sur le noyau géométrique OpenCASCADE qui n'est pas à proprement parler un système CAO complet, ni n'est suffisamment maintenu pour être exploité dans l'industrie. Aussi avons-nous étudié ces dernières années comment l'étiquetage requis par notre approche pouvait être articulé sur le GHC et le *persistent naming* de systèmes CAO réellement utilisés dans le monde industriel. L'enjeu est tout d'abord de prouver que notre approche est générique en élaborant une méthodologie permettant de la mettre en œuvre sur des systèmes propriétaires. Ensuite, en appliquant nos travaux sur les systèmes les plus exploités dans l'industrie, nous avons l'objectif de mener une large évaluation de notre modèle et des paradigmes interactifs associés avec des sujets « experts » tels que les ingénieurs CAO. Enfin, nos approches ouvrent la voie à une application nouvelle de la RV dans le PLM, celle de la « revue modificative de projets », chose qui ne peut se faire pour l'heure qu'avec une complexe organisation du travail.

En résumé, il s'agit d'un important chantier de recherche qui, durant cette période, a en particulier fait l'objet d'un papier dans une grande revue du domaine (*CAD Elsevier*) associé à deux conférences internationales invitées. Au surplus, l'année 2010-2011 va être marquée par le recrutement d'un ATER avec qui nous allons pouvoir accélérer nos travaux sur la recherche d'une articulation optimale entre notre étiquetage et celui servant au *persistent naming*. D'autres perspectives à plus long terme concernent les systèmes d'inférence utilisés et les méthodes pour les configurer en fonction de l'expérience et de l'expertise des utilisateurs. Enfin, l'ensemble des travaux du groupe concernant l'articulation de la RV avec le PLM (présentés ici et dans le thème 1) s'accompagne d'une action d'animation scientifique dans le SIG « Design, Engineering, Manufacturing » de EuroVR, et d'une politique de développement de partenariats industriels dans la continuité de notre implication dans le projet ANR « Perf-RV2 ».

## Personnels

### Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme	Quotité
Patrick	Bourdot	Ch	CR1	CNRS	1
Nicolas	Ferey	Ens-Ch	MC	U-PSud	1
Damien	Touraine	ITA	IR2	CNRS	1
Jean-Marc	Vézien	ITA	IR2	CNRS	1

## Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription	Date début
Flavien	Picon	Informatique	U-PSud	01/10/2006
Huynh-Phong	Pham	Informatique	U-PSud	02/05/2007
Bob	Menelas	Informatique	U-PSud	01/10/2007
Tony	Doat	Informatique	U-PSud	01/06/2009
Sébastien	Noury	Informatique	U-PSud	01/10/2009

## Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Pierre	Martin	CDD

## Participation à des instances

### Instances d'évaluation ou d'expertise

- Membre du comité de programme de ACM VRST 2008 : P. Bourdot
- Relecteurs pour ACM VRST 2008 : P. Bourdot, J.-M. Vézien
- Membre du comité de programme et relecteur pour VRIC 2008 et 2010 : P. Bourdot
- Expertise pour le programme "Alberta Science and Research Investments" (Canada) : P. Bourdot, D. Touraine

### Instances d'administration de la recherche

#### Au niveau national

- Membre et secrétaire fondateur de l'Association Française de Réalité Virtuelle, Augmentée, Mixte et d'Interaction 3d (AFRV) : P. Bourdot.
- Membres de l'Association Française d'Informatique Graphique (AFIG) : P. Bourdot, J.-M. Vézien

#### Au niveau international

- Membre du Core Group du NoE INTUITION « Network of Excellence on vIrtual reality aNd virTual environments applicatIOns for future workspaces » du 6ème programme cadre IST : P. Bourdot.
- Membre fondateur de EuroVR (association Européenne de Réalité Virtuelle et Augmentée) et membre de l'Executive Board en charge de l'animation scientifique des Special Interest Groups (SIGs) : P. Bourdot.

## Enseignement et diffusion des connaissances

### Activités ou responsabilités d'enseignement liées à la recherche

- Cours « Vision par Machine » de la filière Master Professionnel de l'Ecole Doctorale d'Informatique de l'université Paris-Sud, en 2008, 2009 et 2010 : J.-M. Vézien.
- Cours « Vision par ordinateur et Reconnaissance des Formes » de l'option « Automatique » en 3<sup>ème</sup> année de l'Ecole Supérieure d'Electricité (supelec), en 2008, 2009 et 2010 : J.-M. Vézien.
- Cours du module « Réalité Virtuelle et Augmentée » du Master Recherche d'Informatique de l'Université Paris-Sud, en 2010 : P. Bourdot (resp.), S. Boivin, J.-M. Vézien.
- Enseignements du module « Synthèse d'Images Avancées » en dernière année à l'école d'ingénieurs Polytech Paris-Sud : S. Boivin (resp.)

### Organisation de colloques

- EuroVR-EVE 2010 (Joint European Meeting « First EuroVR-SIGs workshop & EVE inauguration » - 6 et 7 mai 2010) : P. Bourdot (Chairman), J.-M. Vézien, N. Férey, D. Touraine
- Coorganisateur d'AFRV 2010 en décembre prochain : P. Bourdot

### Participations à des séminaires

- VRIC 2008, 2009 et 2010 : P. Bourdot
- Journées Part@ge 2009 et 2010 : P. Bourdot
- INTUITION 2008 : P. Bourdot

- ACM VRST et AFRV 2008, JVRC et AFRV 2009 : P. Bourdot

### Actions de vulgarisation

- Conférence intitulée « L'ombre et la Science » dans le cadre du projet PICRI « Toute la lumière sur l'ombre », Janvier 2010, médiathèque de Taverny (95) : J.-M. Vézien.

### Collaborations de recherche

#### Au niveau national

- CEA/List, PSA Peugeot-Citroën et Vecsys, dans le cadre du projet ANR « Perf-RV2 » : P. Bourdot, D. Touraine, P. Martin.
- IRCAM-CNRS, EBGIM-INSERM, LEI Université Paris-Descartes 5, Haption S.A., dans le cadre du projet ANR « CoRSAIRe » : P. Bourdot, J.-M. Vézien, N. Férey, B. Ménélas, A. Tek.
- CEA/List, AXIS/IEF – Université Paris-Sud 11, Vecsys, Haption S.A. et Intempora, dans le cadre du projet DIGITEO « SIMCoD » : P. Bourdot, J.-M. Vézien, D. Touraine, P. Martin, P. Cazaux.
- Laboratoire d'Astroparticule et de Cosmologie (CNRS UMR7164) et Laboratoire de Didactique des Sciences Physiques (MESR EA1548), dans le cadre du projet ANR « EVEILS » : J.-M. Vézien, T. Doat
- AVIZ (INRIA-Saclay), dans le cadre de la Chaire DIGITEO « AVENIR » : P. Bourdot.

#### Au niveau international

- Les équipes Institute of Communication and Computer Systems (G), University of Nottingham (UK), CEA/List (F), Center of Applied Technologies in Mental Health University of Basel (D), Helsinki University of Technology (FI), ainsi que les compagnies Alcatel Alenia Space Italia S.p.A. (I), Advanced Realtime Tracking GmbH (D), Haption S.A. (F), Space Applications Services (B), dans le cadre du NoE INTUITION du 6ème PCRD de l'IST : P. Bourdot, J.-M. Vézien, D. Touraine
- Professeur P. Boulanger, Director of the Advanced Man-Machine Interface Laboratory Department of Computing Science University of Alberta, Canada: P. Bourdot.
- Professeur D. Talabă, Département Conception de Produit et Robotique, Faculté de Technologie, Université Transilvania de Braşov, Roumanie : P. Bourdot
- Professeur R. Anderl, Technical University of Darmstadt, Allemagne : P. Bourdot
- Professeur B. Fröhlich, University of Weimar, Allemagne : P. Bourdot
- Professeur D. Stricker, DFKI GmbH, Allemagne : J.-M. Vézien
- Collaboration avec l'Institute of Artificial Intelligence de l'université de Zhejiang (Chine), dans le cadre d'une co-tutelle de thèse (soutenue en juin 2010) : J.-M. Vézien, W. Zhang
- BARCO N.V. (Belgique) : P. Bourdot, J.-M. Vézien, D. Touraine.
- Virtools (Dassault Systèmes) : P. Bourdot, J.-M. Vézien, P. Martin

### Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Catégorie	Organisme financeur-Partenaire	Responsable scientifique	Responsable LIMSI	Part LIMSI
01/09/2004	31/10/2008	INTUITION	NOE	Contrat avec la commission européenne	UE	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	48 648,50
19/12/2005	19/06/2009	PERF-RV2	RNTL	Collaboration de recherche	ANR	Gelin Rodolphe/CEA	Bourdot Patrick	70 069,99
06/05/2006	05/11/2009	CoRSAIRe	ARA MDMSA	Collaboration de recherche	ANR	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	131 700,00
27/06/2007	05/05/2009	ESPIONS	Autre	Mise à disposition	HAPTION	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	0,00
01/07/2007	30/06/2010	Cotutelle de thèse	Autre	Collaboration de recherche	Université de Gênes	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	0,00
01/10/2007	30/09/2011	SIMCoD	Plateforme	Collaboration de recherche	Digiteo	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	610 200,00
01/05/2009	30/04/2012	EVEILS	Prog non thématique	Collaboration de recherche	ANR	Parizot Etienne	Vezien Jean-Marc	159 085,00
22/01/2010	21/01/2015		Autre	Accord de secret	PCA	Bourdot Patrick	Bourdot Patrick	0,00

## Production scientifique

### Thèses

1. Picon, F. (2010). Interaction haptique pour la conception de formes en CAO immersive. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.
2. Tarault, A. (2008). *Interface de copilottage d'un véhicule semi-autonome à l'aide d'un dispositif immersif*. Doctorat, Université Paris Sud/LIMSI.

### Revues à comité de lecture

1. Bourdot, P., T. Convard, F. Picon, M. Ammi, D. Touraine and J. M. Vézien (2010). "VR-CAD integration : multimodal immersive interaction and advanced haptic paradigms for implicit edition of CAD models." *Journal of Computer-Aided Design* **42**(5): 445-461.
2. Férey, N., G. Bouyer, C. Martin, A. Drif, P. Bourdot, M. Ammi, J. Nelson, J. M. Burkhardt and L. Autin (2009). "Docking de protéines en réalité virtuelle : une approche hybride et multimodale." *Technique et Science Informatiques* **28**(8): 983-1015.
3. Férey, N., J. Nelson, C. Martin, L. Picinali, G. Bouyer, A. Tek, P. Bourdot, J. M. Burkhardt, B. F. G. Katz, M. Ammi, C. Etchebest and L. Autin (2009). "Multisensory VR interaction for protein-docking in the CoRSAIRe project." *Virtual Reality* **13**(4): 273-293.
4. Ménélas, B., M. Ammi, P. Bourdot and S. Richir (2010). "Survey on haptic rendering of data sets : exploration of scalar and vector fields." *Journal of Virtual Reality and Broadcasting* **6**(9): 11p.
5. Syllebranque, C. and S. Boivin (2008). "Estimation of mechanical parameters of deformable solids from videos." *Visual Computer* **24**(11): 963-972.
6. Vézien, J. M., B. Ménélas, J. Nelson, L. Picinali, P. Bourdot, M. Ammi, B. F. G. Katz, J. M. Burkhardt, L. Pastur and F. Lusseyran (2009). "Multisensory VR exploration for computer fluid dynamics in the CoRSAIRe project." *Virtual Reality* **13**(4): 257-271.

### Conférences à comité de lecture

1. Bouyer, G. and P. Bourdot (2008). *Supervision of 3D multimodal rendering for protein-protein virtual docking*. EGVE'08. 14th Eurographics Symposium on Virtual Environments. 8p
2. Delalande, O., N. Férey, B. Laurent, M. Gueroult, B. Hartmann and M. Baaden (2010). *Multi-resolution and multi-physics approach for interactively locating functionally linked ion binding sites by steering small molecules into electrostatic potential maps using a haptic device*. PSB 2010. Fifteenth Pacific Symposium on Biocomputing. 205-215
3. Férey, N., G. Bouyer, C. Martin, P. Bourdot, J. Nelson and J. M. Burkhardt (2008). *User needs analysis to design a 3D multimodal protein-docking interface*. 3DUI 2008. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2008. 8p
4. Ménélas, B., M. Ammi and P. Bourdot (2008). *Flexible method for haptic rendering of isosurface from volumetric data*. 6th International Conference EuroHaptics 2008. Paru dans : LNCS 5024. 687-693
5. Ménélas, B., M. Ammi, P. Bourdot and S. Richir (2008). *A survey on haptic interaction techniques in the exploration of large and scientific data sets*. VRIC 2008. 10th Virtual Reality International Conference. 31-38
6. Ménélas, B., M. Ammi, L. Pastur and P. Bourdot (2009). *Haptical exploration of an unsteady flow*. WHC09. Third Joint EuroHaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems (World Haptics Conference '09). 6p
7. Ménélas, B., N. Fauvet, M. Ammi and P. Bourdot (2008). *Direct haptic rendering for large datasets with high gradients*. HAS 2008. Workshop on Haptic in Ambient Systems. 9p
8. Ménélas, B., L. Picinali, B. F. G. Katz and P. Bourdot (2010). *Audio haptic feedbacks in a task of targets acquisition*. 3DUI 2010. IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2010. 51-54
9. Ménélas, B., L. Picinali, B. F. G. Katz, P. Bourdot and M. Ammi (2009). *Haptic audio guidance for target selection in a virtual environment*. HAID'09. 4th International Haptic and Auditory Interaction Design Workshop. 12-13
10. Okamoto, T., D. Cabrera, M. Noisternig, B. F. G. Katz, Y. Iwaya and Y. Suzuki (2010). *Improving sound field reproduction in a small room based on higher-order ambisonics with a 157-loudspeaker array*. Ambi2010. 2nd International Symposium on Ambisonics and Spherical Acoustics. ??
11. Pham, H. P., M. Ammi, J. G. Fontaine and P. Bourdot (2008). *A framework for building haptic interactions for teleoperation systems*. HAS 2008. Haptic in Ambient Systems. In conjunction with First International Conference on Ambient Media and Systems. 1-10
12. Picinali, L., B. Ménélas, B. F. G. Katz and P. Bourdot (2010). *Evaluation of a haptic / audio system for 3-D targeting tasks*. AES London 2010. 128th Convention of the Audio Engineering Society. 11p
13. Picon, F., M. Ammi and P. Bourdot (2008). *Case study of haptic functions for selection on CAD models*. IEEE VR 2008. IEEE Virtual Reality 2008. 209-212
14. Picon, F., M. Ammi and P. Bourdot (2008). *Force model for CAD selection*. ACM VRST 2008. 15th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology. Poster
15. Picon, F., M. Ammi and P. Bourdot (2008). *Haptically-aided extrusion for object edition in CAD*. 6th International Conference EuroHaptics 2008. Paru dans : LNCS 5024. 736-741
16. Simard, J., M. Ammi, F. Picon and P. Bourdot (2009). *Potential field approach for haptic selection*. GI 2009. Graphics Interface 2009. 203-206

## Congrès sans actes, workshops

1. Bourdot, P. (2009). *Special interest groups (SIGs) of EuroVR*. The Kick-off meetings of EuroVR. Joint Virtual Reality Conference (JVRC'09).
2. Bourdot, P. (2009). *VR-CAD integration : implicit edition of CAD models and multimodal VR interactions*. VRGI'09. 2nd Franco-Spanish meeting on Virtual Reality and Graphical Interaction.

KARINE BASSOULET

### Présentation

**Effectif** : 14 ITA – 2CDD CNRS

**Composantes** : Administration des moyens informatiques communs (AMIC), audiovisuel, bibliothèque, communication, formation permanente, infrastructure, gestion des moyens financiers affectés au groupe Direction, logistique.

**Missions** : assurer l'administration et la gestion des moyens communs du laboratoire pour :

- une gestion mutualisée et optimale des ressources de l'unité
- fournir à l'ensemble des personnels un environnement professionnel le plus homogène et approprié possible.

**Budget 2009** : 640 k€

Les membres du groupe direction participent au conseil de laboratoire, aux commissions internes dont pour certaines ils assurent la présidence et l'animation. Les participations à l'extérieur du laboratoire sont également nombreuses : commissions d'ouverture de plis pour les marchés publics, réseaux métiers animés par la délégation régionale (réseau des secrétaires gestionnaires, des documentalistes, des administrateurs) ou réseaux nationaux (correspondants techniques du bâtiment). Ils sont souvent sollicités pour intégrer des groupes de travail régionaux ou nationaux, faire partie ou présider des jurys de concours internes et externes.

L'implication du groupe direction dans le projet d'extension dédiée à la réalité virtuelle est conséquent : participation au comité de suivi Venise, suivi du programme de construction de l'extension. Son rôle s'est renforcé pendant la phase de construction du bâtiment. Par la suite l'activité du groupe direction devra inclure le nouveau bâtiment qui comportera certaines spécificités dues à son équipement scientifique.

Prénom	Nom	Statut	Position
Karine	Bassoulet-Thomazeau	ITA	IR2
Jean-Claude	Barbet	ITA	IR2
Magali	Brilhac-Roserat	ITA	AI
Annie	Depauw	ITA	TCS
Pascal	Desroches	ITA	TCE
Pierre	Durand	ITA	TCN
Sarra	El Ayari	CDD	IE2
Sébastien	Hamon	ITA	AI
Daniel	Lerin	ITA	AI
Alexandre	Liège	ITA	AI
Isabelle	Lollia	ITA	AJT
Sophie	Pageau-Maurice	ITA	AI
Nadine	Pain	ITA	TCE
Elisabeth	Piotelat	ITA	IE2
Nicolas	Rajaratnam	ITA	AI
Olivier	Sineau	CDD	AI



## Organigramme du LIMSI



## Groupe Direction

K. Bassoulet

AMIC : J.C. Barbet, A. Depauw, S. El Ayari,  
A. Liège, E. Plotelat, N. Rajaratnam  
Bibliothèque : M. Roserat, I. Lollia  
Communication : S. Pageau-Maurice  
Infrastructure : D. Lerin, P. Desroches  
Formation permanente : I. Lollia  
Logistique & Audiovisuel : P. Durand  
Secrétaire-gestionnaire : O. Sineau

## Conseil de laboratoire

ACMO  
L. Pointal  
A. Choisier

## Direction

Directeur : P. Le Quéré  
Directeur Adjoint : Ph. Tarroux  
Administratrice : K. Bassoulet  
Secrétaire Direction : N. Pain

## Coordination Gestion

K. Bassoulet

Dépt CHM : S. Hamon, L. Rostaing  
Dépt Méca : V. Ronflé  
Gr. Dir : N. Pain, O. Sineau

## Département Mécanique-Energétique

P. Le Quéré, Secrétaire-gestionnaire : V. Ronflé

Action Transversale Thermoacoustique-Cryogénie : P. Le Quéré  
Cellule CIGITA (Informatique Graphique et Ingénierie Thermoaérialique) : J. Chergui, A.T. Dang, Y. Fraigneau  
Cellule Expérimentale : V. Bourdin, V. Gautier, Y. Maire

### Groupe Aérodynamique et Instationnaire : Turbulence et contrôle

C. Tenaud  
Outils numériques performants  
O. Le Maître

Convection thermique  
A. Sergent,  
C. Weisman  
Convection thermocapillaire et solutale  
C. Dang-Vu  
Ecoulements rotatifs et cisailés  
I. Delbende,  
L. Martin-Witkowski

Magnéto-hydrodynamique  
C. Nore

### Groupe Transferts Solide-Fluide

M. Pons  
Dynamique des écoulements diphasiques  
M.C. Duluc, D. Juric  
Dynamiques et transferts en fluide oscillant  
D. Balleau, S. Kouldri

Transferts à l'interface solide-hélium superfluide  
J. Amrit  
Transferts convectifs appliqués  
M. Pons

### Groupe Traitement du Langage Parlé

J.L. Gauvain  
Caractérisation du locuteur  
C. Barras

Parole et émotion  
L. Devillers  
Caractérisation des langues et linguistique de corpus oraux  
M. Adda-Decker,  
P. Boula de Mareuil

Analyse robuste de la langue parlée  
S. Rosset  
Modèles de langage, apprentissage et traduction  
F. Yvon, G. Adda

### Groupe Information, Langues Ecrite et Signée

A. Vilnat  
Corpus et représentation  
P. Paroubek

Extraction et recherche d'informations précises  
P. Zweigenbaum

Traitement automatique de la LSF  
A. Braffort  
Multilinguisme  
A. Max

### Groupe Audio & Acoustique

C. d'Alessandro  
Son & espace  
B.F.G. Katz

Analyse et synthèse audio  
C. d'Alessandro

Prosodie expressive  
A. Rilliard

### Groupe Architectures et Modèles pour l'Interaction

J.P. Sansonnet  
Modalités, interactions et ambiant  
Y. Bellik

Virtualité, interaction, design et art  
Ch. Jacquemin

Agents conversationnels animés et humains virtuels  
J.C. Martin

### Groupe Cognition, Perception & Usages

F. Darses  
Systèmes et modèles perceptifs  
Ph. Tarroux

Image, langage, espace  
M. Denis

Usage de systèmes collaboratifs  
F. Darses

### Groupe RV&A VENISE

P. Bourdot  
Réalité Augmentée  
J.M. Vézien

Interaction multimodale et collaborative en RV&A  
P. Bourdot

## Département Communication Homme-Machine

Ph. Tarroux, Secrétaire-gestionnaire : S. Hamon, L. Rostaing

Action Transversale COPTE (Corpus parole/Texte et Evaluation) : P. Paroubek