

Rapport d'activité 2007



Table des matières

Table des matières	3
Préambule	5
Message des directeurs	7
Introduction.....	7
Une approche de la recherche	7
Les indicateurs de notre activité	9
Le positionnement du laboratoire	9
Présentation du Département Mécanique Énergétique.....	11
Introduction.....	11
Les axes de recherche du département.....	11
Cellules support	15
Effectifs	17
Personnels rattachés au département Mécanique Énergétique	18
Insertion locale, nationale et relations internationales	18
Présentation du Département Communication Homme-Machine	21
Introduction.....	21
Les axes de recherche du département.....	22
Actions transversales	26
Personnels rattachés au département Communication Homme-Machine.....	26
Perspectives	26
Groupe Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle (AERO)	31
Introduction.....	31
Présentation de la recherche	32
Personnels.....	42
Participation à des instances	42
Enseignement et diffusion des connaissances	43
Collaborations de recherche	43
Contrats de recherche et valorisation	44
Production scientifique	45
Groupe Convection et Rotation (CORO)	49
Introduction.....	49
Présentation de la recherche	50
Personnels.....	58
Participation à des instances	58
Enseignement et diffusion des connaissances	59
Collaborations de recherche	59
Contrats de recherche et valorisation	60
Production scientifique	60
Groupe Transferts Solide-Fluide (TSF)	65
Introduction.....	65
Présentation de la recherche	65
Personnels.....	70
Participation à des instances	71
Enseignement et diffusion des connaissances	71
Collaborations de recherche	72
Contrats de recherche et valorisation	73
Production scientifique	73
Action Transversale Thermoacoustique–Cryogénie (ATT).....	75
Introduction.....	75
Présentation de la recherche	75
Personnels.....	79
Collaborations de recherche	79
Contrats de recherche et valorisation	80
Production scientifique	80

Groupe Architecture et Modèles pour l'Interaction (AMI)	83
Présentation de la recherche	83
Personnels.....	92
Participation à des instances	92
Enseignement et diffusion des connaissances	94
Collaborations de recherche	95
Contrats de recherche et valorisation	97
Production scientifique	97
Groupe Langues, Information et Représentations (LIR)	105
Introduction.....	105
Présentation de la recherche	106
Personnels.....	112
Participation à des instances	113
Enseignement et diffusion des connaissances	115
Collaborations de recherche	117
Contrats de recherche et valorisation	118
Production scientifique	118
Groupe Perception Située (PS)	123
Introduction.....	123
Présentation de la recherche	124
Personnel	134
Participation à des instances	135
Collaborations de recherche	136
Contrats de recherche et valorisation	136
Production scientifique	137
Groupe Traitement du Langage Parlé (TLP)	143
Présentation de la recherche	144
Personnels.....	154
Participation à des instances	155
Contrats de recherche et valorisation	158
Production scientifique	160
Action Transversale COPTE : COrpus Parole Texte Evaluation.....	169
Objectif	169
Description	170
Production scientifique	173
Action Thématique Geste.....	175
Introduction.....	175
Présentation de la recherche	175
Personnels.....	178
Participation à des instances	178
Enseignement et diffusion des connaissances	178
Collaborations de recherche	179
Contrats de recherche et valorisation	179
Production scientifique	179
Action Thématique Sémantique et Mémoire Episodique	181
Introduction.....	181
Présentation des recherches.....	181
Personnel	182
Participation à des instances	182
Collaborations de recherche	183
Contrats de recherche et valorisation	183
Production scientifique	183
Action transversale de Réalité Virtuelle et Augmentée VENISE	185
Introduction.....	185
Présentation de la recherche	186
Recherches appliquées	198
Conclusion.....	204

Personnels.....	206
Contrats de recherche et valorisation	207
Production scientifique	207
Groupe Direction	211
Informatique (AMIC)	212
Audiovisuel.....	212
Bibliothèque	213
Communication	213
Infrastructure	213
Logistique	214
Formation.....	214
Hygiène et Sécurité	215
Administration	216
Organigramme du LIMSI	223

Préambule

Ce rapport d'activité couvre la période 2005-2007. Les listes de personnels figurant dans ce document correspondent aux personnels permanents, doctorants et personnels temporaires de longue durée présents au laboratoire au 1^{er} novembre 2007. De même la production scientifique a été arrêtée à cette date.

Ce rapport est accompagné de pages de présentation de la recherche du laboratoire. Ces pages figurent sur le site web du laboratoire à l'adresse <http://www.limsi.fr/RS2007>.

PATRICK LE QUÉRÉ 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 du département Sciences et Technologies de l'Information et de l'Ingénierie, dont il partage la richesse thématique, ses activités relevant principalement des sections 7 « Sciences et technologies de l'information », et 10, « Milieux fluides et réactifs : transports, transferts, procédés de transformation » du Comité National de la Recherche Scientifique. 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 (SHS) et les Sciences de la Vie (SdV). 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 ».

La mission du LIMSI est de conduire des recherches qui trouvent leur origine, leur ancrage et leur justification dans le monde qui nous entoure, afin de satisfaire les deux premières missions institutionnelles du CNRS : effectuer des recherches qui conduisent à une production de connaissances et un avancement de la science ; mettre cette production de connaissances au service du progrès économique, social et culturel de la société dans laquelle nous vivons. Répondre à cette double mission nous conduit à développer des méthodologies et des technologies, génériques et dédiées, en faisant progresser et en mettant en oeuvre ou en synergie, le cas échéant, les disciplines requises par la finalité de ces recherches. Nos recherches couvrent ainsi nos 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 nos travaux réside donc également dans la confrontation des résultats de nos recherches avec la réalité de l'application, en situation modèle ou en condition réelle, dans la qualité de nos partenariats ainsi que dans notre politique de valorisation. À ces missions de recherche s'ajoutent de manière indissociable les missions de formation par et pour la recherche, attestée par notre volonté de développer notre partenariat universitaire, et de diffusion de l'information scientifique et technique, à laquelle le laboratoire a toujours attaché la plus grande importance.

Une approche de la recherche

Excellence disciplinaire et volonté interdisciplinaire

Le LIMSI, de par son histoire, de par sa volonté propre et la volonté de sa tutelle, 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 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... Le laboratoire a la volonté de s'inscrire dans une interdisciplinarité de long terme conjuguant excellence scientifique dans l'ensemble de ses champs disciplinaires et mise en synergie de ses compétences disciplinaires au service de recherches et projets interdisciplinaires.

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 l'étude de 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. Par ailleurs, le laboratoire a la volonté de profiter de sa richesse disciplinaire pour promouvoir des actions interdisciplinaires qui peuvent conduire à des avancées scientifiques notoires, nées de la synergie des disciplines concernées. Citons par exemple les travaux menés sur l'utilisation du Calcul de Flux Optique pour la Vélocimétrie par Image de Particules, qui font maintenant l'objet d'un dossier de

valorisation en vue d'une cession de licence, ceux sur la mécanique des fluides dans le conduit vocal, ou encore ceux sur 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

Les activités du laboratoire couvrent cinq grands axes thématiques, la mécanique des fluides, la thermique et l'énergétique, le traitement automatique des langues, la perception et l'interaction multimodale et 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.

Au-delà de l'utilisation commune de l'outil informatique, le laboratoire développe des méthodes de traitement du signal évoluées, faisant appel à des techniques déterministes ou statistiques. Parmi les méthodes déterministes, 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 de 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 à la fois dans l'usage de cette méthodologie de comparaison et dans sa conceptualisation et sa formalisation. Cette activité s'exerce au plan national comme au plan international, à travers la participation à des campagnes d'évaluation et leur organisation.

Cette activité de benchmarking traduit de fait l'état d'esprit de nos recherches, qui procèdent majoritairement d'une démarche inductive, où notre stratégie s'appuie sur les questionnements suscités par le monde qui nous entoure, aussi bien à propos des contenus que des usages. Cette finalité nous conduit à développer des recherches, spécifiques et dédiées, qui couvrent tant les aspects fondamentaux que les finalités applicatives.

Une politique volontariste de soutien à la recherche

Cette politique volontariste d'orientation de la recherche s'exerce en particulier à travers un dispositif incitatif interne en vigueur depuis une vingtaine d'années. Nous avons maintenu, en la complétant, la politique de soutien aux 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. Nous avons redonné toute sa signification initiale à ces actions d'incitation en leur adjoignant deux dispositifs complémentaires, l'un dotant 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 échappent au mécanisme d'évaluation des demandes d'AI-ASP, mais leurs bénéficiaires sont néanmoins tenus de rendre compte de l'utilisation de ces moyens. C'est ainsi au total près 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 thématiques et 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.

Notre production scientifique, après un léger fléchissement en 2003, est revenue à un niveau très satisfaisant. Sur la période 2005-2007¹, on peut noter que le laboratoire a produit 145 articles dans des revues à comité de lecture, 58 ouvrages ou chapitres d'ouvrage, 381 communications dans des congrès avec actes et comité de lecture, 169 autres formes de communication (workshops, journées d'études, séminaires,...). 37 thèses de doctorat ont été soutenues ainsi que 10 habilitations à diriger des recherches. Cette production est à mettre en regard du potentiel de recherche (dont on trouvera le détail dans l'annexe Administration) qui est de l'ordre de 75 chercheurs et enseignants-chercheurs permanents, de 36 ITA-IATOS et d'une cinquantaine de doctorants.

Du point de vue des ressources, le budget global de fonctionnement du laboratoire se situe autour de 2M€. Ce montant se répartit, en moyenne, en environ 45% de subvention d'état récurrente, 25% de contrats avec l'union européenne, 20% de subvention d'état programmatique, 10% de contrats industriels. Ces chiffres sont très variables d'une année sur l'autre, et fluctuent au gré des appels d'offres, européens en particulier. La période 2006-2007 a vu croître, avec la mise en place de l'ANR, la part de la subvention d'état programmatique qui a représenté en 2006 près de 50% des ressources propres. Le budget consolidé est de l'ordre de 9 M€, la part du CNRS représentant un peu plus de 57%.

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 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 l'Agence de l'Innovation Industrielle.

Le positionnement du laboratoire

Le laboratoire développe un partenariat universitaire avec les deux universités Pierre et Marie Curie et Paris-Sud 11, avec lesquelles il est conventionné. Avec 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 SMAE des doctorants de cette thématique. Après une période d'incertitude liée au souhait de l'Université Pierre et Marie Curie de recentrer ses forces en mécanique, nous nous félicitons de sa volonté actuelle de continuer à nous apporter son soutien, concrétisé notamment par le renouvellement d'un poste de professeur. Avec 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 Informatique, STITS et Physique macroscopique.

Pour ce qui est de ses activités de recherche, le laboratoire entend jouer 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, il considère que le grand équipement immersif de réalité virtuelle en voie d'achèvement 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, il a pu bénéficier dès cette année des soutiens de Digiteo dans le domaine de l'informatique ambiante, du traitement des langues et de la réalité virtuelle et conforter ainsi ses partenariats avec le CEA et Supélec dans le cadre de Digiteo.

¹ Arrêtée au 1^{er} novembre 2007

Par ailleurs, le LIMSI a la volonté de profiter du soutien qu'il vient de recevoir 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.

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, dans le respect des compétences et des complémentarités, il a vocation à être le vecteur stratégique privilégié de la présence du CNRS sur le plateau de Saclay. C'est une mission qu'il est prêt à assumer.

PATRICK LE QUÉRÉ

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, de Boltzmann sur réseaux, 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, 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 est effectuée dans le cadre du projet ANR HISPEED PIV, dont le FAST est porteur. 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 est 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. Bentaleb 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. 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. Les travaux en cours, effectués dans le cadre de l'ANR RS-PEGASE, 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. L'ensemble de ces travaux s'inscrit dans le 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 qui vient de recevoir un soutien du RTRA Digiteo. Elle doit également donner lieu à une nouvelle thématique au sein du GdR MOMAS.

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. Par ailleurs, ces développements pourraient constituer la base d'une technique de réduction de modèle alternative à la POD. Elle consisterait, 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. 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, au cours de la thèse de R. Laguerre

soutenue en 2005, 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, se sont poursuivies ces dernières années en mettant à profit le grand savoir-faire en matière de métrologie pour fournir des données expérimentales valorisées au sein d'un groupement international « Diffusion in zeolites ». Ces travaux expérimentaux sur l'adsorption 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 l'influence de la rugosité 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 en cours concerne l'investigation expérimentale des effets de streaming, dans le cadre de la thèse en cours de Ph. Debesse, travail qui bénéficie des compétences en vélocimétrie laser et PIV en mécanique des fluides expérimentale. Une autre thèse en cours, celle d'A. Bétrancourt, concerne 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 une société chargée de développer 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. 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

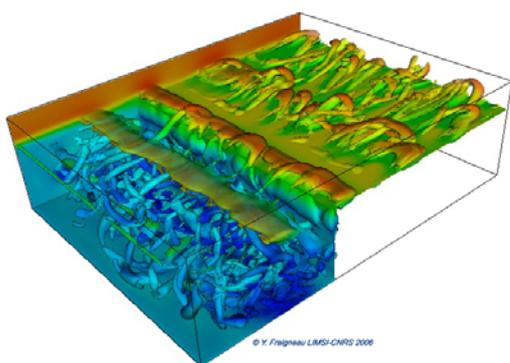
Cellule Informatique Graphique et Ingénierie Thermo-Aéroulrique (CIGITA)

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

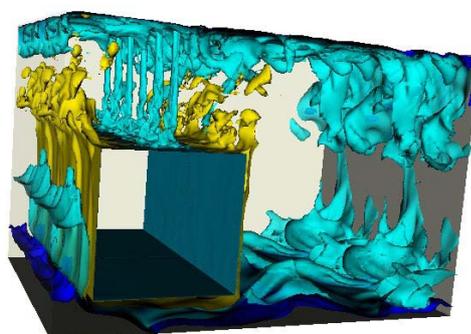
bonnes performances sur différents types de calculateurs (machines scalaires et vectorielles, architecture parallèle), ce qui leur assure une certaine pérennité.



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.



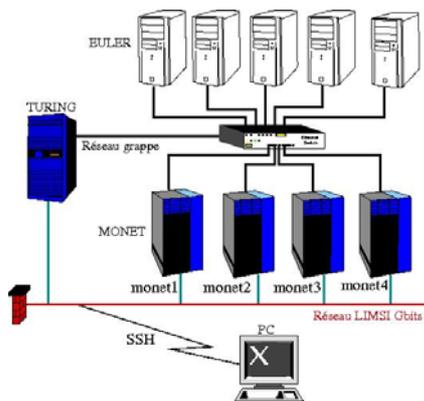
Écoulement de convection mixte en cavité : jets de refroidissement provenant du plafond impactant sur un barreau chauffant- isosurfaces du champ de température instantanée. Programme MAEVA

#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. La technique qui a été retenue est une décomposition de domaines avec recouvrement de type Schwarz. Des premiers résultats positifs ont d'ores et déjà été obtenus.

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, C. Beau, J. Boulenger, V. Gautier, Y. Maire et S. Diarra

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. Cette cellule fonctionne depuis le départ en mutation de S. Rieublanc avec des personnels en contrat à durée déterminée à l'exception d'un IR CNRS à 50%. C. Beau suite à son départ fin 2006 a été remplacée à partir de mars 2007 par V. Gautier technicien d'instrumentation recruté sur CDD 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. J. Boulenger technicien chaudronnier-métallier a quitté le LIMS I fin 2006 pour prendre un poste de titulaire au Laboratoire de Physique des Solides, il a été remplacé à partir de juillet 2007 par S. Diarra chaudronnier-soudeur recruté sur CDD UPMC. La cellule vient d'être renforcée début septembre avec l'affectation d'un technicien électronicien en changement d'affectation. Les mouvements de personnel de ces deux années ont été préjudiciables au fonctionnement de la cellule qui peine à atteindre son régime de croisière, les formations et prises en main des postes étant toujours à recommencer. Cette cellule 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 de techniciens débutants. 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 chercheurs CNRS relèvent majoritairement de la section 10 du comité national (1DR, 8 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 1Pr et 8 McF) et

Paris-Sud 11 (7 dont 3 Pr, 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. Le nombre des enseignants-chercheurs de la filière de Mécanique-Physique de l'université Paris-Sud 11 effectuant leur recherche au LIMSI a donc notablement diminué ces derniers temps, et nous attendons avec impatience les prochains recrutements, à commencer par celui de 2008, pour renforcer le groupe CORO et maintenir l'équilibre de la bipolarité FAST-LIMSI. 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 est 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 ne sont que partiellement compensés par les deux 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.

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. De ce point de vue, la situation a évolué ces dernières années, favorablement et défavorablement. Défavorablement puisque l'Ecole doctorale de Polytechnique nous a fait savoir qu'en l'absence d'une participation active à l'enseignement, elle ne pourra plus nous considérer comme laboratoire d'accueil. Favorablement, avec la cohabilitation par Paris-Sud 11 de l'Ecole doctorale de Physique Macroscopique, dont C. Nore a pris la direction adjointe. La situation du point de vue des allocations de recherche ministérielles reste donc préoccupante et l'embellie de 2007 (3 allocations, 2 de l'ED SMAE, 1 de l'ED Physique Macroscopique) ne doit pas cacher une situation qui reste structurellement délicate (aucune allocation en 2005, 1 allocation en 2006).

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	IE	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 récent de l'UPMC sous forme d'un BQR.

Nous avons continué à animer la communauté MFN, notamment à travers l'École de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique que nous organisons tous les deux ans depuis 1993. La dernière édition, la 10^{ème}, s'est tenue à Roscoff en juin 2007. 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 première édition de cette école s'est tenue en mars 2006, et la prochaine est prévue pour septembre 2008.

Jusqu'à son départ, L. Tuckerman a organisé chaque année la journée Dynamique des Fluides sur le plateau, qui a été l'occasion de rencontres entre chercheurs du département 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 COCORAPHA 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 : en 2003-2007, nous avons accueilli les professeurs Bauwens, Li, Vidal, Narayanan et Oliveira en tant que professeurs invités et, en 2006-2007 nous avons accueilli M. Prud'homme pendant un an, au cours de son congé sabbatique, avec le soutien de 3 mois de poste rouge CNRS. 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. Cette collaboration s'est notamment concrétisée par les soutenances des thèses d'État de H. Laatar et A. Elgafsi.

Inversement, B. Podvin a bénéficié d'une mise à disposition de 2 ans auprès de l'université de Columbia, où elle a travaillé avec le Pr D. Attinger sur la modélisation de la dynamique de bulles en couche limite, avec application à la réduction de traînée. Ce séjour a pris fin à l'été 2007. De même D. Sciamarella bénéficie actuellement d'une mise à disposition auprès de l'université de Buenos-Aires, où elle développe une collaboration avec G. Artana, sur l'étude expérimentale d'écoulements glottiques, dans le cadre du GdRI France-Cone Sud.

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.

À l'utilisation d'interfaces spécialisées pour accéder aux données, se substituent des outils d'interaction et de dialogue et 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, domotique...), 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, 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 conduit à 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 cognitive ou sociologie - fournissant leurs éclairages sur le fonctionnement des systèmes cognitifs ou les mécanismes des interactions humaines mais également ergonomie afin de rendre le développement technologique conforme aux attentes de la société. 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.

Les axes de recherche du département

Le département communication Homme-Machine se structure autour de trois axes de recherche concernant le traitement de la langue, l'interaction homme-machine et la réalité virtuelle et augmentée.

Cette organisation se décline au travers de quatre groupes de recherche et de trois actions thématiques. Alors que les groupes de recherche constituent les structures pérennes de l'organisation du laboratoire, les actions thématiques, concernant un projet de recherche monothématique, visent à conférer une plus grande souplesse au dispositif.

Traitement de la langue

Le traitement automatique des langues est un axe directeur majeur du département aussi bien dans leur expression écrite (groupe **Langues, Information et Représentations**) qu'orale (groupes **Traitement du Langage Parlé** et **Perception située**) ou gestuelle (Action Thématique **Geste**).

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. Le traitement des données spatiales ou temporelles est un élément essentiel dans la capacité de représentation d'une connaissance située.

L'analyse de la langue écrite repose sur quatre thèmes concernant l'acquisition et le raisonnement sémantiques, la compréhension et la production de textes, l'évaluation de traitements automatiques robustes de la langue, la classification et la structuration de corpus linguistiques.

L'acquisition et la représentation de connaissances sémantiques couvrent un spectre allant de l'émergence d'un lexique commun au sein d'une population d'agents autonomes à l'identification par apprentissage non-supervisé des formes homonymiques ou polysémiques au sein d'un corpus. Il s'agit également de s'intéresser à l'impact de l'apport de connaissances linguistiques dans les applications d'ingénierie linguistique. La modélisation du raisonnement spatio-temporel qui joue un rôle central dans les descriptions verbales est abordée au travers de formalismes logiques de représentation adaptés.

La compréhension de textes est envisagée sous les angles classification, accès au contenu, structuration et dialogue interactif. 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.

Les questions d'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.

Par ailleurs l'analyse des relations causales entre éléments d'un récit fournit également un cadre formel à la compréhension. La représentation du temps est ici au centre de l'activité de recherche. La fermeture du groupe Cognition Humaine nous a conduits à individualiser ces travaux sous la forme de l'action thématique **Sémantique et Mémoire épisodique**. Là encore, ces travaux sont conduits en collaboration avec les chercheurs qui s'intéressent à la compréhension automatique de textes et à la mise au point d'outils de représentation des connaissances temporelles du groupe **Langues, Information, Représentations**.

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.

De manière générale les recherches en indexation de documents audio-visuels par le contenu 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. Depuis peu, des recherches sur la traduction automatique se développent s'appuyant largement sur le savoir-faire acquis ces dernières décennies en matière de traitement automatique de la parole, d'apprentissage statistique et neuronal, de manipulation de grandes masses de données langagières, de traitement statistique de l'information. La plupart des travaux actuels reposent sur des corpus alignés provenant des débats du parlement européen.

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.

Par ailleurs, concrétisé par la création de l'action thématique « **Geste** », le laboratoire développe une recherche concernant la langue des signes et traitant particulièrement de la structure syntactico-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 à la fois permettre une indexation manuelle et l'utilisation de technique de traitement d'images.

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"). L'étude de la parole expressive est abordée sur plusieurs fronts au laboratoire (groupes **Perception Située**, **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.

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 **Perception Située** et **Aérodynamique Instationnaire**). Ces recherches constituent l'un des axes de collaboration entre les deux départements dont nous souhaitons accroître la visibilité.

Interfaces, interaction et systèmes perceptifs

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 d'interface permet d'améliorer les conditions d'utilisation de la machine. Une action est conduite vers le développement d'agents logiciels conversationnels supportant des interactions multimodales entre utilisateurs et agents artificiels. Ces systèmes sont mis en œuvre dans le cadre du traitement de requêtes sur internet. Leur usage est également étudié dans le contexte de l'enseignement assisté par ordinateur, où il s'agit de développer des tuteurs actifs, et envisagé dans le cadre du handicap, pour faciliter la communication des enfants autistes avec la machine.

Ainsi, nous encourageons le développement d'une activité de recherche autour des avatars privilégiant le dialogue, la synthèse de parole (« Têtes parlantes »), la synthèse du geste en relation avec la langue des signes, et la réalité virtuelle (groupes **Architectures et Modèles pour l'Interaction, Perception Située** et action thématique **Geste**, action transversale **VENISE**).

Le département (groupes **Architectures et Modèles pour l'Interaction et Perception Située**) participe au développement des « interface expressives », c'est-à-dire 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 terme 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 technologie dans le domaine des arts numériques.

Afin 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 **Perception Située**. 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. Mentionnons une relation récente entre cette activité de recherche et des travaux conduits dans le groupe **Langues, Information et Représentations** concernant l'émergence de la communication entre entités autonomes.

Parallèlement à cette analyse des moyens de l'interaction Homme-Machine, nous nous intéressons à ses conséquences sociologiques au travers de l'utilisation des outils informatiques dans la médiatisation des pratiques collectives distribuées. Cette dernière permet en effet l'émergence de collectifs distribués (par exemple médiatisés par l'Internet) et pose des questions sociologiques nouvelles. Le travail conduit sur ce thème utilise le concept d'« objet informationnel » pour spécifier les conditions des interactions sur les réseaux numériques. Deux situations sont particulièrement étudiées, la construction d'objets génomiques dans des environnements virtuels et la construction de concepts dans la communauté Open-Source d'analyse des bugs d'un logiciel.

Réalité Virtuelle et Augmentée

La Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A) se développe au LIMSI, tout d'abord selon un axe de recherche qui concerne la conception d'outils logiciels pour la RV&A et les modèles pour l'interaction immersive et leur évaluation, mais également au travers d'applications qui nécessitent une collaboration étroite entre les groupes concernés et l'action transversale **VENISE**.

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. Le moteur de fusion multimodal et le module reconnaissance de gestes bi-manuels pour la RV, initialement conçus sur la plateforme logicielle EVI3d/EVserveur du LIMSI et aujourd'hui en cours d'intégration et d'évaluation sur le système commercial VIRTOOLS dans le cadre du projet ANR RNTL « Perf-RV2 », est un exemple d'outils logiciels élaborés par les membres de l'action transversale **VENISE** en collaboration avec l'action thématique **Geste**. De même, dans le contexte du projet ANR ARA « CoRSAIRE » porté par le LIMSI et qui vise la perception multi-sensorielle et immersive de données complexes et massives, le superviseur de rendus multimodaux TOTEM et des modules d'haptisation et de sonification 3D de données complexes sont en cours de finalisation et résultent, en interne au laboratoire, d'une collaboration entre l'action transversale **VENISE** et le groupe **Perception Située**.

Parallèlement, l'outil VirChor, destiné à la modélisation interactive de scènes 3D et développé dans le groupe **Architectures et Modèles pour l'Interaction**, apporte de nouvelles fonctionnalités à ces outils et devrait constituer un puissant outil fédérateur. Il a été utilisé pour le développement d'expériences concernant la perception spatiale et utilisant la réalité virtuelle audio (groupe **Perception Située**), dans le projet « Têtes parlantes » et dans des travaux de recherche dans le domaine artistique.

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 restitution du son dans l'espace, 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.

Du point de vue de l'axe applicatif, quatre domaines sont privilégiés :

- En mécanique des fluides, la visualisation de données en temps réel pour l'étude qualitative des écoulements tridimensionnels nécessite la mise au point de logiciels axés sur la mise en évidence de structures cohérentes et sur la comparaison entre modèles expérimentaux et modèles numériques.
- En bioinformatique, la plate-forme GenoMedia est conçue comme un outil de visualisation immersive de données factuelles et textuelles appliquées au génome. La réalité virtuelle offre un outil de choix pour la visualisation tri-dimensionnelle des interactions moléculaires. Des collaborations ont été initiées pour développer une analyse de l'aide au docking de protéines en environnement immersif.
- La CAO immersive constitue un domaine privilégié qui nécessite le développement de techniques d'interaction multimodale, combinant en particulier capture de mouvement, reconnaissance de gestes, reconnaissance de la parole, visualisation stéréoscopique et perception haptique. De plus, au lieu de considérer les interfaces immersives comme de simples extensions des interfaces traditionnelles, l'une des originalités des travaux du laboratoire dans ce domaine est de proposer une approche de l'intégration RV-CAO qui ne soit pas centrée sur le transfert de données bas niveau, mais qui exploite toutes les potentialités des modèles et méthodes de haut niveau des systèmes de CAO existants.
- Enfin au-delà des collaborations déjà en place concernant le pilotage à distance en environnement immersif d'un véhicule semi-autonome (projet VARVIC), le laboratoire est engagé avec le CEA/LIST dans un projet ambitieux de travail collaboratif en environnement immersif (projet SIMCoD). Ce projet récemment labellisé et soutenu dans le cadre de DIGITEO Labs vise à développer des recherches sur les activités collaboratives en couplant les environnements immersifs du LIMSI (dont la halle immersive disponible dès 2008) et du CEA/LIST qui devraient s'installer à proximité du laboratoire en 2010.

Le laboratoire considère également les nouvelles perspectives ouvertes par les technologies virtuelles en direction des Sciences Cognitives. La possibilité de manipuler l'espace perceptif à volonté dans les modalités visuelle, proprioceptive (par l'utilisation d'interfaces haptiques) et sonore offre un immense champ d'expérimentation. Le LIMSI est présent dans cet ensemble d'activités. Il participe au projet ANR-RNTL Perf-RV2, suite du projet Perf-RV concernant le bureau d'étude du futur. Il est aussi porteur du projet ANR ARA « CoRSAIRE » et collabore dans ce contexte avec l'IRCAM, l'EBGM, l'Université Paris Descartes et la société HAPTION. Le LIMSI est également en charge du partenariat de l'ensemble des laboratoires CNRS dans le réseau d'excellence européen INTUITION, visant à structurer les activités de recherche concernant la Réalité Virtuelle et Augmentée en Europe.

Actions transversales

L'action « COPTE » 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
Martine	Charrue	ITA	T	CNRS
Gérard	Sabah	Ch	DR1	CNRS
Béatrice	Vérin-Chalumeau	ITA	AJT	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, sera développée 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 (projet 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 devrait créer 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 m² 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) permettra 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 qui contribuent au développement de systèmes de guidage et de navigation en particulier chez les non-voyants et des relations entre psychologie cognitive et intelligence artificielle (groupe **L**angues, **I**nformation, **R**éprésentations). Ces derniers travaux ont contribué au développement de logiques aptes à prendre en compte les connaissances spatiales.

Deux perspectives s'ouvrent désormais à cette activité au sein du laboratoire :

- Mettre au service de la compréhension des processus cognitifs les capacités du laboratoire en termes de production d'environnements virtuels multimodaux (audio 3D, visuels et haptiques).
- Développer des compétences en ergonomie cognitive au service de l'élaboration et de la validation d'interfaces homme-machine efficaces bien acceptées par les utilisateurs.

Elles devraient se concrétiser en 2008 par les recrutements d'un professeur et, nous l'espérons, d'un chargé de recherche CNRS qui permettraient de renforcer l'activité de recherche en ergonomie cognitive.

La réalité virtuelle est un domaine en expansion au laboratoire. Le recrutement d'un Maître de Conférences, la venue d'un chercheur de l'INRIA en détachement et le recrutement d'un Ingénieur de Recherche 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. La livraison de l'extension du laboratoire sera effective fin 2007. L'acquisition de son équipement scientifique courant 2008 accroîtra les possibilités du laboratoire dans ce domaine et sa visibilité. Les travaux de recherche fondamentale, notamment en ce qui concerne les architectures matérielles et logicielles mises en œuvre en RV & A, devront être développés. Le développement de travaux pluridisciplinaires autour du dispositif sera poursuivi. Un équilibre entre la gestion de la plateforme technologique en relation avec des collaborations extérieures et l'activité propre de recherche en réalité virtuelle que le laboratoire entend développer devra être trouvé.

L'action transversale **VENISE**, ouverte à toutes les composantes du laboratoire qui souhaitent s'y associer, a des effets sensibles sur l'orientation des recherches actuelles. 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. La mise en place d'un dispositif transversal structurant (actions transversales, actions incitatives et actions sur programme) renforçant la cohésion inter-groupes du laboratoire sera poursuivie.

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^{ème} PCRDT. Comme nous l'avons déjà souligné, le LIMSI joue 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). Son implication dans le 7^{ème} PCRDT restera soutenue.

La valorisation de nos activités est effective au travers de relations de longue date avec la société Vecsys en ce qui concerne les technologies de la langue orale. De multiples conventions sont en cours avec d'autres industriels (mise en œuvre d'outils d'indexation (TF1, Xerox), développement d'interfaces (Thalès, Mitsubishi)). Citons enfin nos relations avec la DGA concernant les technologies de la langue², mais également la multimodalité dans les interfaces Homme-Machine.

Enfin, la structuration des recherches dans le domaine des STIC en Île de France Sud se poursuit au travers du Réseau Thématique de Recherche Avancée **Digiteo**. Ce pôle de recherche, en liaison avec les pôles de compétitivité parisiens *CapDigital* et *System@tic*, vise à fédérer l'ensemble des recherches en STIC sur le plateau de Saclay en rapprochant les activités du CEA, de l'INRIA futurs, du CNRS, de Supélec, de l'École Polytechnique et de l'Université Paris Sud 11 dans les domaines du logiciel et des systèmes

² Concrétisées par une convention entre le LIMSI et la DGA

complexes. Son impact sur la recherche du laboratoire est déjà sensible au travers de l'attribution de deux allocations doctorales et de soutiens aux projets iRoom et SimCod développés en collaboration avec respectivement Supélec, l'IEF et le CEA-LIST.

Au travers du traitement des langues, de la communication non verbale, de la réalité virtuelle, le LIMSI, en tant que laboratoire propre du CNRS, entend jouer pleinement son rôle au sein de Digiteo et y développer de fortes collaborations scientifiques avec ses partenaires.

Présentation des groupes de
recherche et actions
thématiques

CHRISTIAN TENAUD

Introduction

Les écoulements d'air sont présents dans un grand nombre de situations pratiques telles que celles rencontrées dans les domaines des transports, de l'énergie, de l'environnement, des biotechnologies, par exemple. Ces écoulements de fluide, présents dans la nature ou dans les machines inventées par l'homme, sont généralement instationnaires et très souvent turbulents. La maîtrise de ces phénomènes instationnaires reste un défi majeur pour ce qui concerne l'optimisation du fonctionnement des machines. A travers la modélisation, la simulation numérique et l'expérimentation, le groupe « **Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle** » mène des recherches qui visent à une meilleure prédiction et compréhension pour un contrôle 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'acoustique, de la dynamique des systèmes 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 ». La stratégie de notre groupe 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 des années à venir. 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 la capture, 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. Il a pour objectif de fournir des méthodes de simulation numérique fiables, précises et rapides, capables de reproduire les phénomènes physiques modélisés. 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 ainsi que les techniques de contrôle optimal 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 fondamentaux de la mécanique des fluides (décollements, sillages instationnaires, mécanismes de création des tourbillons, turbulence) soit à travers l'application de simulations numériques performantes, soit au moyen de méthodes expérimentales innovantes. Les problèmes liés aux instationnarités en écoulements décollés incompressibles, aux interactions ondes de choc / zones cisailées en régime compressible, aux couplages de méthodes (RANS/LES, fluide/structure), à la mesure instationnaire et à la caractérisation des structures cohérentes, au traitement d'une thermodynamique complexe 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 système dynamique, la manipulation des écoulements décollés et le contrôle de la turbulence de paroi 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. Nous évaluons les techniques numériques et les modélisations développées par des simulations numériques et des comparaisons avec des mesures expérimentales. Pour que la confrontation expériences/simulations soit efficace, il faut garantir la fiabilité à la fois des méthodes numériques et des méthodes expérimentales mises en œuvre. D'une part, la fiabilité des méthodes numériques est assurée par une analyse mathématique rigoureuse et/ou par des expérimentations numériques. Le groupe possède des compétences reconnues en approximation par différences finies compactes, volumes finis, éléments finis et schémas d'ordre élevé. D'autre part, la qualité des mesures expérimentales est garantie par la recherche de protocoles expérimentaux non intrusifs tels que la Vélocimétrie par Images de Particules (PIV) tridimensionnelle par flot optique qui a obtenu d'excellents résultats aux deux précédents challenges PIV.

Nos recherches sont relativement fondamentales mais sous-tendues par des préoccupations applicatives via des activités contractuelles. La majeure partie des travaux du groupe est réalisée en collaboration avec des laboratoires CNRS et/ou universitaires français (LMEE Evry, LMF Nantes, LEA/CEAT Poitiers, LTPM Grenoble, SINUMEF-ENSAM Paris, CLIPS-IMAG Grenoble, ICP Grenoble ...) ou étrangers (Texas A&M University, College Station, USA ; Texas Institute for Computational and Applied Mathematics, Austin, USA ; Universidad de Buenos Aires, Argentine ; Grupo de Mecânica dos Fluidos, Université de Coïmbra, Portugal ; Polish Academy of Sciences, Warszawa ; Dpt of Fluid Mechanics, Denmark Technical University ; Universités de Tunis et de Sfax, Tunisie), des organismes publics (DSA/DGA, ONERA, Institut Franco Allemand de recherche de Saint Louis), du milieu industriel (EDF, PSA, RENAULT, SNECMA, Dantec Dynamics) et soutenus par plusieurs contrats de recherche.

Présentation de la recherche

Thème Outils numériques performants

C. Tenaud, J.L. Guermond, L. Bentaleb, V. Daru, Y. Fraigneau, O. Le Maître, L. Mathelin, B. Podvin, L. Ta Phuoc.

Le groupe a engagé, depuis plusieurs années, une importante réflexion sur la Simulation des Grandes échelles (LES : Large-Eddy Simulation) de la turbulence. En effet, la simulation numérique directe (DNS) des écoulements industriels, turbulents à haut nombre de Reynolds, n'est pas envisageable avec les ressources informatiques disponibles actuellement et dans la décennie à venir. Ainsi, la simulation d'écoulements instationnaires de type industriel ne peut passer, à l'heure actuelle, que par une forme de modélisation de la turbulence. La technique LES se positionne comme une approche intermédiaire entre Simulation Numérique Directe (DNS) et modélisation statistique (RANS ou URANS). Elle repose sur la notion de séparation d'échelles obtenue par une opération de filtrage (spatial, passe-bas) des inconnues du problème. De ce fait, les grands nombres d'ondes, associés aux petites échelles, ne sont pas calculés explicitement, mais leurs actions sur les échelles résolues (à travers les non-linéarités présentes dans les équations) doivent être prises en compte par l'intermédiaire de modélisations (modèles de sous-maille). Cette approche est étroitement liée à la résolution numérique des équations de Navier-Stokes et on peut voir la LES comme une réduction du nombre de degrés de liberté du système étudié, pour lequel nous pouvons espérer que le calcul dynamique des grandes échelles énergétiques est caractéristique de la dynamique globale de l'écoulement.

Aspects mathématiques de la résolution des équations : Un des intérêts majeurs de ce thème est le développement d'un cadre mathématique rigoureux pour l'approche LES qui demeure, pour l'instant, largement heuristique. Dans cet esprit, un travail important a été effectué sur la stabilisation des approximations par modèle de sous-maille. Des résultats théoriques de stabilisation et de convergence démontrant l'intérêt de l'approche LES ont été prouvés. Par ailleurs, la notion de solutions « acceptables » des approximations a été définie dans le cadre de la LES, en avançant une définition basée sur trois propositions : (i) l'approche LES est une méthode à deux paramètres, la taille du maillage (h) et l'échelle des

grosses structures (ε) ; (ii) à $h=0$ et ε fixé, on obtient une technique de régularisation des équations de Navier-Stokes tridimensionnelles qui, si elle est suffisamment forte, fournit un problème bien posé ; (iii) il existe une limite en h et ε qui assure que la solution faible est acceptable au sens de « Scheffer-Cafarelli-Khon-Nirenberg » (dans un certain sens, les solutions acceptables sont entropiques). Pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Some mathematical aspects of the Navier-stokes equations](#). Ces recherches contribuent à montrer que ces trois critères sont nécessaires à la définition d'une « bonne méthode numérique » qui permet de sélectionner la solution faible entropique. Par ailleurs, une majorité des codes incompressibles que nous avons développés en interne et que nous utilisons, sont basés sur une méthode à pas fractionnaires (méthode de projection) qui permet de découpler le problème visqueux de la contrainte d'incompressibilité. L'objectif de cette recherche, menée depuis une dizaine d'année, est de développer et de justifier mathématiquement des méthodes à pas fractionnaires, inconditionnellement stables et d'ordre élevé (comparé à l'algorithme original de Chorin-Temam). En collaboration avec J. Chen, Université de Purdue, nous avons montré qu'en introduisant une nouvelle formulation « rotationnelle », le second ordre (en norme L2) sur la vitesse pouvait être obtenu, ce qui représente actuellement la meilleure estimation d'erreur de la littérature (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Some mathematical aspects of the Navier-stokes equations](#)). Nous travaillons également sur des techniques de stabilisation pour l'approximation L1 des solutions discontinues, qui ne nécessitent pas d'artifice *ad hoc* classique (viscosité artificielle ou limiteur de pente). Des résultats innovants sur les approximations L1 ont été démontrés dans le cas monodimensionnel, en particulier pour la convergence vers la solution entropique (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Approximation of PDE's in L1](#)).

Méthodes numériques en écoulements compressibles : En régime turbulent, la convection non-linéaire (à caractère hyperbolique) est le phénomène dominant. Il est alors naturel de mettre en œuvre des méthodes numériques adaptées aux problèmes hyperboliques : décentrement, capture de choc, etc. La majeure partie de ces méthodes introduit une viscosité numérique ad hoc. Lorsque ce type de technique est utilisé en association avec un modèle de viscosité de sous maille dans le cadre de la LES, se pose la question de l'importance relative de la viscosité de sous maille et de la viscosité numérique du schéma. Cette question est également une des préoccupations centrales du groupe. En collaboration avec le laboratoire SINUMEF (ENSAM, Paris), un schéma à capture de choc, de haute précision (dans les zones régulières de la solution) a été développé afin de minimiser l'impact de la viscosité numérique sur la capture des structures à grandes échelles. Après une étape de validation sur des cas tests classiques, représentatifs des phénomènes rencontrés en turbulence compressible, des simulations LES sur des géométries simples ont permis de quantifier les interactions viscosité numérique / modélisation de sous maille. De très bons résultats LES ont été enregistrés grâce au schéma de base (OS7), proches de ceux obtenus en simulation directe (DNS) (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [High order shock capturing schemes for LES of compressible flows](#)). Le schéma (OSMP7), avec dispositif de capture de choc, n'introduisant qu'une très faible viscosité numérique, nous avons montré que la solution était fortement dépendante du modèle de sous-maille. Par ailleurs, même si la LES est un outil performant pour la prédiction des écoulements turbulents compressibles, les modèles de sous-maille ne peuvent rendre compte de certains phénomènes physiques fondamentaux tels que le plissement de l'onde de choc lors d'une interaction avec de la turbulence ou la production de vorticités par effet barocline. Outre l'utilisation d'un schéma de haute précision couplé à un dispositif de capture de choc performant, il est nécessaire d'employer des maillages qui s'adaptent dynamiquement à la multiplicité d'échelles spatiales évoluant, par ailleurs, temporellement afin de limiter les coûts de stockage et de temps CPU. Depuis les travaux précurseurs de A. Harten (1994, 1995) sur la multirésolution appliquée aux lois de conservation hyperboliques, de nombreuses études ont été menées sur les algorithmes de multirésolution « complètement » adaptatifs. Une des techniques qui semble prometteuse, est celle basée sur l'estimation d'erreur à partir de bases d'ondelettes [A. Cohen et al. (2003)]. C'est dans ce cadre que sont poursuivis nos travaux sur la simulation des écoulements avec présence d'ondes de choc en interaction avec des inhomogénéités de l'écoulement (tourbillon, couche limite, gradient de température, ...). La capacité d'un algorithme de multirésolution « complètement » adaptatif, avec un codage de la solution volumes finis (par valeurs moyennes), à reproduire les interactions fondamentales en mécanique des fluides a été étudiée, en particulier durant la thèse de L. Bentaleb. Les résultats portent sur des simulations numériques d'écoulements compressibles visqueux, 2D : advection d'un tourbillon, interaction entre une onde de choc faible et un spot de température ou un tourbillon, tube à choc, couche limite supersonique (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Adaptive mesh refinement for unsteady shocked flow simulations](#)). Une étude de convergence en fonction du seuil (ε) de raffinement montre que la méthode est linéaire en ε et, ainsi, conforme à la théorie. Les résultats sont analysés en terme d'efficacité vis-à-vis de la précision de la solution, du gain en place mémoire et en temps

CPU. Ils se comparent très favorablement à ceux répertoriés dans la littérature, pour tous les écoulements visqueux 2D instationnaires étudiés.

Méthodologie pour le contrôle des écoulements : Depuis quelques années, le groupe s'est engagé dans la manipulation et le contrôle des écoulements par voie numérique. Il a été nécessaire de développer ou de maîtriser des méthodologies propres à ces approches. La qualité des simulations numériques est fortement conditionnée par les conditions aux limites, principalement dans le cas du contrôle pariétal. Des techniques de génération de conditions aux limites instationnaires sont alors primordiales pour représenter correctement la dynamique de l'écoulement. Des travaux ont été engagés pour développer ces techniques, basées soit sur des décompositions modales, soit grâce à une technique de frontières immergées (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Low order dynamical systems for the generation of unsteady boundary conditions in the LES framework](#)). Par ailleurs, afin d'atteindre des contrôles efficaces, nous avons travaillé sur la robustesse du contrôle optimal par des techniques adjointes. Pour se rapprocher de conditions réalistes de contrôle, ces travaux ont été développés en prenant en compte une certaine variabilité des paramètres de contrôle (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Optimal robust control under uncertainty](#)). Ces études font également appel à la notion de « propagation et de quantification d'incertitudes » qui est une voie de recherche très prometteuse, développée par L. Mathelin depuis son recrutement au sein du groupe, en collaboration avec O. Le Maître, Maître de Conférences à l'Université d'Evry, associé au laboratoire. O. Le Maître a depuis été recruté en octobre 2007 au laboratoire sur un poste CR1.

Propagation et quantification d'incertitudes paramétriques : Les progrès des architectures de calcul et parallèlement des algorithmes numériques rendent maintenant possible des simulations de grande qualité et tenant compte d'une modélisation détaillée. Avec cette grande finesse de modélisation se pose désormais une problématique lors de la validation des simulations par rapport aux expériences : celui de la précision des conditions opératoires. Les conditions utilisées dans les simulations numériques sont nécessairement une estimation de celles présentes dans la réalité des expériences physiques.

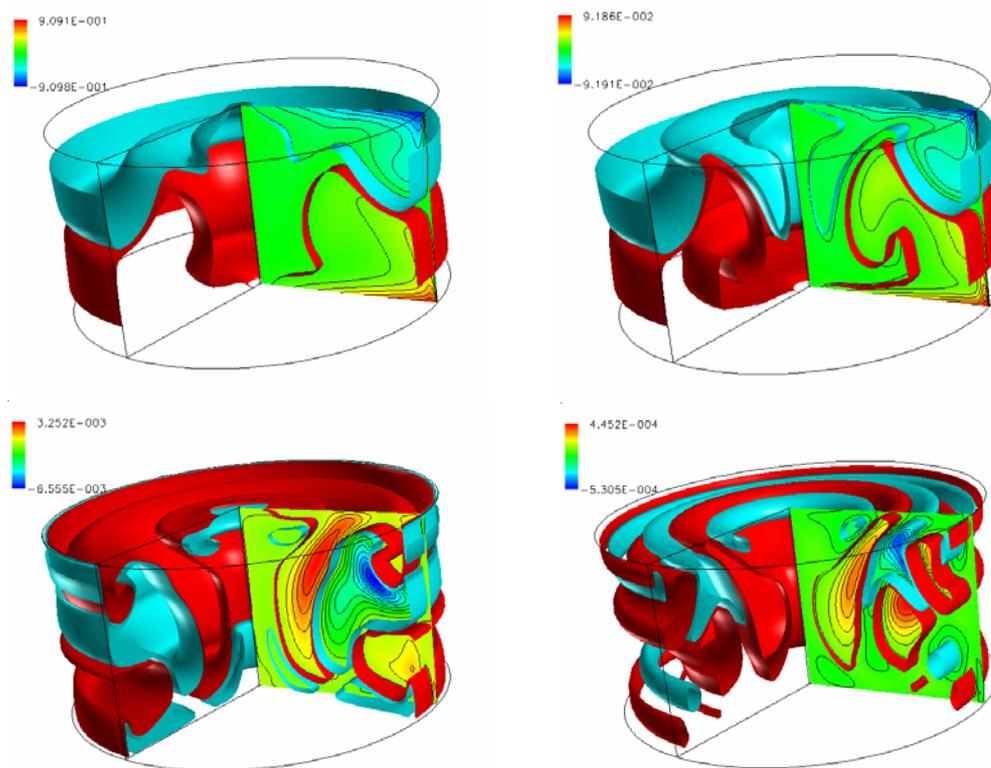


Figure 1 – Les quatre premiers modes stochastiques de la composante azimutale de vitesse pour un écoulement de cavité en rotation avec prise en compte d'incertitudes sur la vitesse d'entraînement des couvercles.

Néanmoins, cette estimation est toujours entachée d'erreur de mesure et souvent mal connue. De plus, les propriétés des matériaux ou des fluides mis en jeu dans le problème considéré sont également soumis à une certaine incertitude. Pour assurer la cohérence de la validation des calculs avec les expériences, il est donc nécessaire de prendre en compte cette incertitude des conditions opératoires. En dehors des problèmes

purement numériques (précision du schéma, qualité du maillage, ...), il convient de vérifier la pertinence des résultats de calcul en évaluant leur sensibilité aux conditions opératoires choisies. Plus spécifiquement, il faut quantifier l'influence d'une incertitude des conditions opératoires du problème sur les résultats du calcul pour s'assurer que ces résultats sont vraiment représentatifs du système réel soumis à toutes sortes d'influences et d'incertitudes. La quantification et la propagation d'incertitude dans des simulations numériques constitue donc un outil essentiel de validation des calculs. Les techniques que nous développons s'appuient sur la méthode dite du chaos polynomial. Celle-ci consiste en une expansion spectrale de processus aléatoires en fonctionnelles stochastiques orthogonales vis-à-vis de fonctions dont la forme est similaire à des distributions de densité de probabilité. Cette technique donne d'excellents résultats et commence à être diffusée dans la communauté des mécaniciens des structures et plus récemment chez les mécaniciens des fluides. Néanmoins, il reste très difficile de prendre en compte les problèmes impliquant un grand nombre de variables aléatoires (par exemple un champ aléatoire à très petite longueur de corrélation) ou impliquant des distributions de densité de probabilité très « raides » à cause de la progression exponentielle du nombre de termes alors nécessaires à la série (curse of dimensionality). Pour tenter de traiter ce problème, une approche basée sur l'analyse d'erreur a posteriori a été développée (un exemple de résultat est donné sur la figure 1). Le nombre de mailles ainsi nécessaires pour un degré de précision donné est alors optimal et permet de traiter des problèmes beaucoup plus « raides » qu'auparavant (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Spectral methods for uncertainty propagation and quantification](#)).

Thème Écoulements instationnaires

S. Pellerin, F. Lusseyran, L. Bentaleb, V. Daru, T. Faure, G. Fournier, Y. Fraigneau, J.-L. Guermond, L. Lorang-VoDinh, L. Pastur, B. Podvin, D. Sciamarella, L. Ta Phuoc, C. Tenaud

Les écoulements de fluide dans les mécanismes relevant des sciences pour l'ingénieur présentent généralement de nombreux phénomènes instationnaires qui se rencontrent aussi bien dans les régimes continus (zones cisailées et/ou turbulence, par exemple) que dans les régimes transitoires (hors du régime nominal, avec de larges décollements, des blocages soniques, des interactions ondes de choc/couche limite turbulente...) ou pour des configurations avec des parois en mouvement (dans les systèmes biomécaniques, les turbomachines, les systèmes contrôlés, par exemple). A l'heure actuelle, la connaissance de ces phénomènes instationnaires est un des enjeux majeurs de la Mécanique des Fluides, particulièrement pour ce qui concerne l'optimisation ou le contrôle des mécanismes. Dans ce thème, le groupe contribue à approfondir la connaissance de ces phénomènes instationnaires que ce soit en écoulements incompressibles ou dans le domaine compressible. Une des originalités de notre travail repose sur une confrontation étroite expériences / calcul et, pour certaines études, nous menons de front des simulations numériques et des études expérimentales sur les mêmes configurations d'écoulement. De plus, notre groupe dispose de méthodes originales tant en simulation numérique, capables de traiter des écoulements cisailés à des nombres de Reynolds élevés ($>10^4$) (modulo un nombre de points de discrétisation suffisant pour reproduire toutes les structures) que pour l'acquisition des trois composantes du champ de vitesse grâce à un algorithme de flot optique pour le traitement de la mesure par Vélocimétrie par Images de Particules (PIV : Particule Image Velocimetry). Par ailleurs, les applications en biomécanique continuent à être représentées par l'étude de la production vocale à travers la simulation numérique de l'écoulement glottique mise en œuvre par Denisse Sciamarella (CR1). Cette activité est conduite en étroite collaboration avec le groupe Perception Située (PS). Elle est également supportée par le Programme de recherche SticAmSud.

En s'appuyant sur les acquis du groupe en matière de simulation numérique et d'acquisition de données expérimentales, plusieurs études sont poursuivies dans ce thème :

Écoulements incompressibles décollés : les écoulements décollés intervenant dans bon nombre de configurations aérodynamiques, sont le siège d'instationnarités à grandes échelles qu'il est important de prédire correctement si l'on souhaite les maîtriser. Dans ce domaine, ces dernières années, notre effort de recherche s'est porté sur la prédiction par simulation des grandes échelles (LES) de ces écoulements incompressibles décollés, à haut nombre de Reynolds. Depuis plusieurs années, le groupe a engagé ses recherches sur la génération de nouveaux modèles, mieux adaptés aux écoulements cisailés, pour la prise en compte des interactions entre différents niveaux d'échelles d'un point de vue dynamique. Grâce aux études abouties sur la résolution efficace de formulation alternative des équations de Navier-Stokes, les LES sont principalement menées à partir des équations en formulation vitesse-vorticité ($\mathbf{v}-\omega$) dont un des avantages reconnu, par rapport à la formulation classique ($\mathbf{v}-P$), est la facilité d'imposition des conditions aux limites. Ceci nous a permis de développer une méthode de frontières immergées, appliquées à la formulation ($\mathbf{v}-\omega$), pour le traitement de géométrie complexe afin de s'affranchir de la contrainte

d'alignement du maillage avec les frontières physiques (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [3D immersed boundary method for Eulerian velocity-vorticity unsteady incompressible Navier-Stokes equations](#)). Les résultats relatifs à ces développements constituent une avancée importante dans le traitement des écoulements complexes à haut nombre de Reynolds (Figure 2), en particulier pour le traitement de l'écoulement autour de corps en mouvement relatif. Ces développements permettent également d'envisager le contrôle des écoulements, par voie numérique, par des techniques fluidiques (soufflage/aspiration local) ou mécaniques (déformation locale de la paroi, rotation, ...), comme nous le verrons par la suite...

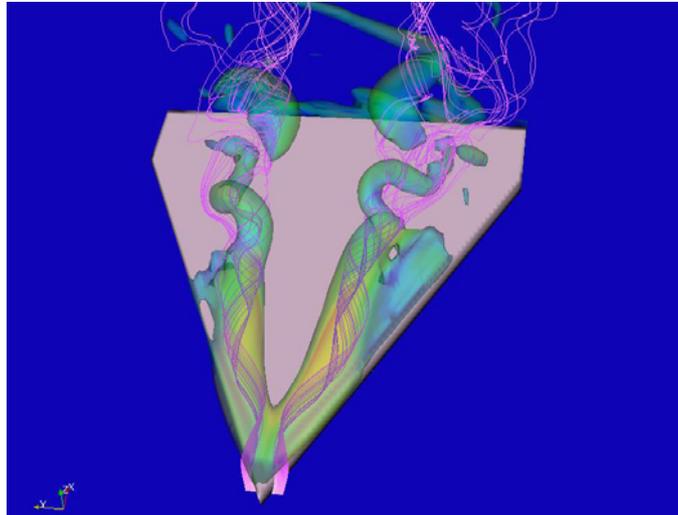


Figure 2 - Visualisation de l'écoulement à l'extrados d'une aile delta à une incidence de 30 ° : LES avec conditions de frontières immergées, effectuée à un nombre de Reynolds de 4.10^4 (zones de basse pression et lignes d'émission).

Génération de conditions instationnaires réalistes et réduction de modèles : Bien que l'approche LES ait fait l'objet de développements importants depuis une dizaine d'année, du fait des potentialités qu'elle offre, elle souffre du fait que la plupart des écoulements turbulents d'intérêt pratique ne peut être calculée par cette technique à cause de la trop importante demande en ressources informatiques. Cette contrainte est principalement causée par les gradients de vitesse extrêmement importants se situant au voisinage immédiat des parois solides, responsables de la production d'énergie cinétique turbulente. La résolution de ces forts gradients requiert une grille très fine dans toutes les directions. Ceci revient pratiquement à effectuer une Simulation Numérique Quasi-Directe (« Quasi-Direct Numerical Simulation » (Spalart et al., 1997 et 2000)) dans la zone de proche paroi, ce qui n'est pas envisageable pour des écoulements industriels à très haut nombre de Reynolds. Outre le couplage avec d'autres méthodes de simulation moins onéreuses, un des verrous technologiques pour dépasser l'« état de l'art » est de répondre à la question de la prise en compte de résolutions extrêmement fines proches des parois, faute de quoi l'utilisation de la LES pour des applications industrielles sera hypothéquée pendant encore de longues années. Par conséquent, l'objectif de ce travail est d'essayer d'apporter une réponse à cette question en privilégiant les deux voies suivantes : (i) développer et utiliser des modélisations de la turbulence de paroi permettant des simulations à haut nombre de Reynolds sans recourir à une résolution directe de la proximité de la paroi ; (ii) développer et utiliser des méthodes hybrides LES/URANS qui « partagent » la simulation entre une approche statistique de la turbulence (RANS/URANS), moins onéreuse, et une partie LES. Bien évidemment, ces deux voies doivent être menées de front et leur conjonction est essentielle pour mener à bien des LES d'écoulements complexes à haut nombre de Reynolds. Notre but est de développer des générateurs de conditions instationnaires permettant de coupler (i) une modélisation de proche paroi avec une simulation LES ou (ii) un code de type RANS/URANS à un code de type LES. Ces études sont menées dans le cadre du projet CALINS (ANR non-thématique 2005) et du STREP de la Communauté Européenne WALLTURB, ce dernier s'intéressant à la caractérisation aussi complète que possible de la turbulence de paroi. Ces deux programmes, en particulier effectués en collaboration avec le LEA (Poitiers), le LML (Lille) et le LEMTA (Nancy), mettent en relation directe expérimentateurs, numériciens et spécialistes de la modélisation de la turbulence. Ces générateurs de conditions instationnaires reposent sur la construction de modèles POD (Proper Orthogonal Decomposition) d'ordre réduit et de systèmes dynamiques robustes et fiables. Plusieurs bases de données sont actuellement analysées : DNS et LES de canaux plans turbulents (à plusieurs nombres de Reynolds et nombres de Mach), champs PIV proches paroi. Dans un premier temps,

les post-traitements et les analyses POD des bases de données numériques ont été effectués par C. Perrotin et L. Lorang pour les bases de données numériques de J. Jimenez (UPM de Madrid) (Figure 3) et par F. Abéguilé et L. Lorang pour les bases de données compressibles du LIMSI. Les comportements des divers modèles POD ont alors été analysés. Nous développons actuellement des systèmes dynamiques à base de réseaux de neurones (suivant différentes approches) ou de technique de « mapping » pour pouvoir les comparer (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Low order dynamical systems for the generation of unsteady boundary conditions in the LES framework](#)). Ils sont en cours d'évaluation sur les différentes bases de données disponibles. Le couplage de ces modèles dynamiques avec la LES est en cours de réflexion et s'effectue en collaboration avec le LML (J.-P. Laval, Lille) et le LEA (J. Delville, Poitiers). Par ailleurs, la réduction de la dynamique est également étudiée dans le cadre du contrôle des écoulements. Dans un processus de contrôle en boucle ouverte, il est nécessaire de connaître l'évolution des événements à un certain horizon temporel. Plusieurs techniques sont également développées et comparées afin de prédire à un horizon temporel (T) l'évolution des quantités par des modèles à faible nombre de degrés de liberté pour limiter les temps de prédiction. En parallèle des développements sur les réseaux neuronaux, la prédiction à un horizon temporel (T) des coefficients temporels d'une décomposition POD est effectuée par une technique de « Mapping », qui fournit de bons résultats sur l'écoulement autour d'un cylindre à un nombre de Reynolds modéré (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Low order dynamical systems for the generation of unsteady boundary conditions in the LES framework](#)).

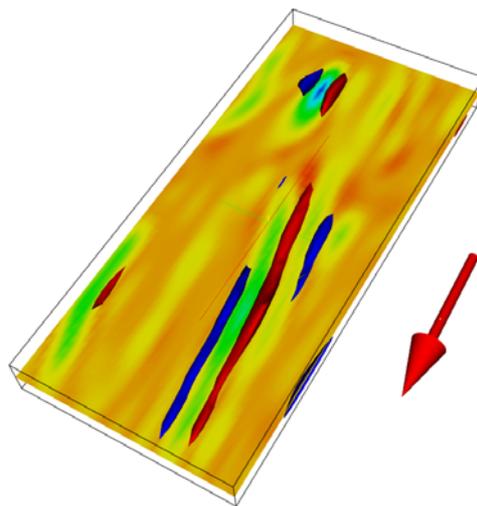


Figure 3 - Modèle réduit POD-Galerkin, utilisant les 2 premiers modes normaux dans l'espace spectral Fourier ($N_x=6$, $N_z=11$), issu des données [UPM, Madrid] de canal plan turbulent à $Re_\tau = 180$: champ du frottement turbulent sur un plan $y^+ = 25$ et iso-surfaces de la composante longitudinale de la vorticité (bleu : négatif, rouge : positif).

L'écoulement glottique et la production vocale : Cette activité vise à améliorer la compréhension de la physique de la génération de la voix. Elle est menée en étroite collaboration avec le groupe Perception Située, qui s'intéresse particulièrement à la synthèse vocale par modèle physique. L'objectif principal de cette étude est de se doter des moyens de simulation de l'écoulement au voisinage d'un système glottique pour en étudier la dynamique. En particulier, il semble important de prédire avec précision la dynamique du point de décollement, lors du mouvement des parois glottiques, pour pouvoir rendre compte du couplage fluide / paroi glottique dans le processus. Dans la première étape de cette étude, un modèle mécanique à deux masses a été développé pour représenter le mouvement des parois de la glotte, délimitée par les cordes vocales. Ce dispositif a permis, entre autres, de retrouver un grand nombre des phénomènes acoustiques présents dans la production vocale. La deuxième étape de ce volet a été consacrée à caractériser la dynamique de l'écoulement glottique à l'intérieur d'une glotte vibrante. Dans ce but, un code de résolution de l'équation de Navier-Stokes en approximation incompressible a été adapté à la configuration. Ce code avait préalablement été testé au LIMSI pour le problème d'un fluide dans un canal ondulé. La résolution est basée sur une technique de pénalisation couplée à une résolution multigrille. Notre étude a abouti à la description numérique de la dynamique du point de séparation de l'écoulement glottique lorsque le mouvement de la paroi est prescrit (Figure 4) (pour plus d'informations, veuillez consulter la page

de présentation : [Unsteady flow dynamics through the glottis for vocal production modeling](#)). Cet outil numérique est en train d'être appliqué à la prédiction du comportement de l'écoulement *in vitro* lorsqu'on complexifie la géométrie du canal glottique (influence des fausses cordes vocales). Cette action particulière est supportée par le contrat franco-allemand POPAART. Les résultats sont encourageants, mais des développements supplémentaires doivent être poursuivis pour faciliter la simulation de la fermeture totale de la glotte et, enfin, pour réaliser le couplage fluide/structure car la paroi souple d'une glotte n'est pas uniquement soumise aux forces musculaires, mais subit également les variations de pression issues de l'écoulement. Dans le contexte d'un projet récemment approuvé au sein du Programme SticAmSud (qui implique l'Université de Buenos Aires, l'Université de Brasilia, l'Institut de Communication Parlée de Grenoble et l'Université Fluminense), le LIMSI inaugurera en 2008 une troisième étape dans ce volet. La synergie multilatérale permettra de doter notre projet d'une phase d'expérimentation, visualisation et modélisation, synchronisées et complémentaires aux simulations numériques, afin d'avancer sur les points les plus subtils du problème. En particulier, on prévoit le montage d'une maquette transparente de cordes vocales, permettant d'exploiter l'expertise du *Laboratorio de Fluidodinámica* de l'Université de Buenos Aires en visualisation d'écoulements par la technique SIV (Schlieren Image Velocimetry).

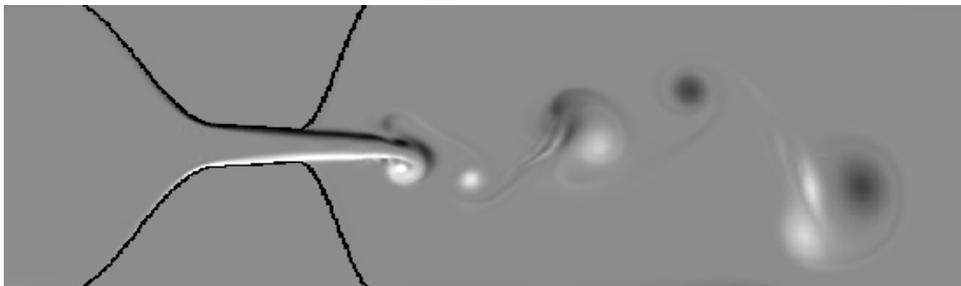


Figure 4 - Vorticité axiale de l'écoulement glottique simulé numériquement à partir des équations de Navier-Stokes.

Caractérisation de la topologie de l'écoulement en cavité ouverte et réduction de la dynamique : Deux objectifs complémentaires sont principalement poursuivis dans ce thème, autour d'une seule configuration d'écoulement : l'interaction d'une couche limite avec une encoche, plus ou moins profonde (Figure 5), configuration caractéristique de nombreuses applications que ce soit dans les transports terrestres (toit ouvrant, césure de portière, interstices inter-wagons ou cavité de rangement de pantographe) ou dans le domaine de l'environnement (rue canyon, par exemple).

Le premier objectif concerne la caractérisation des structures cohérentes à travers l'analyse des mesures expérimentales pour une meilleure connaissance de la dynamique des écoulements transitionnels et turbulents, dans un but de modélisation de ces structures et de leurs échanges énergétiques. Ces développements expérimentaux ont pour originalité d'être conduits en étroite collaboration avec les modélisations et simulations réalisées au sein du groupe. Dans cette démarche de comparaison expérience-calcul pour les écoulements où coexistent des macrostructures instationnaires voire turbulentes, la confrontation des résultats ne peut se réduire à une simple comparaison

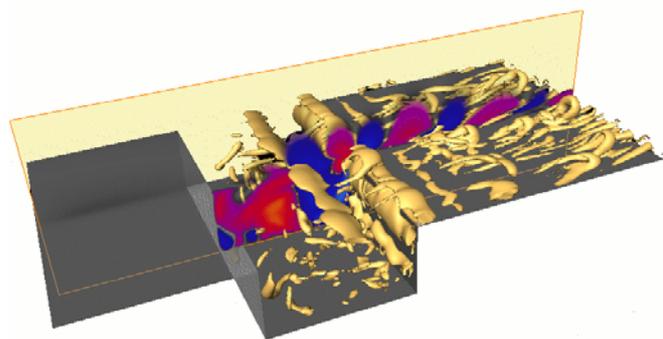


Figure 5 - DNS de l'interaction d'une couche limite avec une cavité : visualisation des iso contours du critère Q et de la composante verticale de la vitesse dans un plan, pour une vitesse extérieure $U_e = 1,21 \text{ m.s}^{-1}$

quantitative du vecteur vitesse en fonction du temps et de la position. Les non linéarités et la sensibilité aux conditions initiales qui en résulte, les hypothèses de modélisation et les limites métrologiques, imposent le développement d'approches variées pour différents critères de validation. Bien que les caractéristiques temporelles et spatiales soient, le plus souvent, deux facettes d'un même phénomène, il peut être utile de distinguer la validation des caractéristiques dynamiques de celle de la topologie des structures en mouvement. La première procède de l'évaluation des moments statistiques, des propriétés spectrales

jusqu'à la mise en œuvre d'outils de la théorie des systèmes dynamiques non-linéaires. La deuxième concerne le problème de la séparation des divers types de structures qui passe, le plus souvent, par la séparation non triviale des différentes échelles. Nous avons montré qu'une décomposition orthogonale aux valeurs propres (POD: Proper Orthogonal Decomposition) sur l'ensemble des champs de vitesse 2D, obtenus expérimentalement ou numériquement (Figure 5), permettait de séparer les structures cohérentes intracavitaires et de la couche de cisaillement (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Characterization of the flow topology past an open cavity and reduction of the dynamics complexity](#)). L'instabilité de la couche de cisaillement se caractérise en général par une compétition non-linéaire entre deux modes d'oscillation. Des mesures synchronisées par PIV (spatialement résolue) et par LDV (temporellement résolue) ont permis de distinguer les structures cohérentes associées à chacun de ces deux modes d'oscillation. Pour cela, nous avons eu recours à une technique de moyenne de phase sur les réalisations du champ de vitesse. Des visualisations de l'écoulement dans la cavité ont été réalisées pour une vaste plage du nombre de Reynolds (entre 860 et 32300) et pour différents rapports de forme et d'envergure de la cavité (Figures 6 et 7).

Les caractéristiques 3D de l'écoulement ont été mises en évidence à travers différents plans de visualisation. Le développement d'instabilités longitudinales de type Görtler est également identifié pour certains paramètres (Figure 6) (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Characterization of the flow topology past an open cavity and reduction of the dynamics complexity](#)). Une

des applications recherchée porte sur le contrôle des structures tourbillonnaires, en vue de maîtriser les échanges cavité-écoulement affleurant. Néanmoins, pour accéder à des mesures expérimentales de grande qualité, il est sans cesse nécessaire de repousser les limites métrologiques ; c'est ce qui constitue le deuxième objectif de ce thème. La métrologie privilégiée dans notre groupe est la Vélométrie par Image de



Figure 6 - Visualisation de la structuration transverse de l'écoulement montrant une instabilité de type Görtler pour $R=H/L=1$ et $Re=4450$.

Particules (PIV). L'originalité de notre approche est la détermination du champ de vitesse à travers un algorithme de « flot optique », initialement développé au LIMSI par G. Quénot. Pour ce qui concerne les aspects méthodologiques, nous avons participé aux « PIV Challenge » 2003 et 2005 afin de comparer les performances du flot optique avec les méthodes de PIV utilisant l'intercorrélacion comme noyau de comparaison. Les résultats ont montré que le flot optique s'avère particulièrement efficace dans les zones de forts gradients (notamment en proche paroi), ce qui est un point essentiel pour la détection et la qualification des structures cohérentes (pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Particle Image Velocimetry improvement through optical flow](#)). L'effort de développement de ces années a également visé à étendre la mesure des champs de vitesse par PIV 2D à une mesure de la troisième composante. De plus, nos travaux, toujours en collaboration avec G. Quénot (IMAG, Grenoble), pour le développement d'une approche PIV 3D par flot optique ont déjà conduit à une méthode originale de calibration, permettant ainsi d'identifier sur une seule image de mire l'ensemble des paramètres définissant la transformée projective de la prise de vue (collaboration avec T. Kowalevski, Center of Mechanics and Information Technology, Polish Academy of Sciences, Varsovie). Ces développements doivent être poursuivis pour accéder à des mesures in situ et ainsi accéder à des comparaisons plus complètes avec les simulations numériques. Par ailleurs, grâce aux très bons résultats de validation, la méthode de flot optique a été appliquée dans le cadre de la PIV grands champs qui est un des enjeux en conception automobile pour mieux appréhender les écoulements complexes autour d'un véhicule complet, afin de mieux étudier la participation de chaque élément du véhicule à la génération de tourbillons contribuant, pour une grande partie, à la traînée. Cette étude a été menée dans le cadre d'une action contractuelle du CNRT « Aérodynamique et Acoustique des véhicules terrestres », en collaboration avec le CORIA de (Rouen), le CLIPS-IMAG (Grenoble) la société R & D Vision.

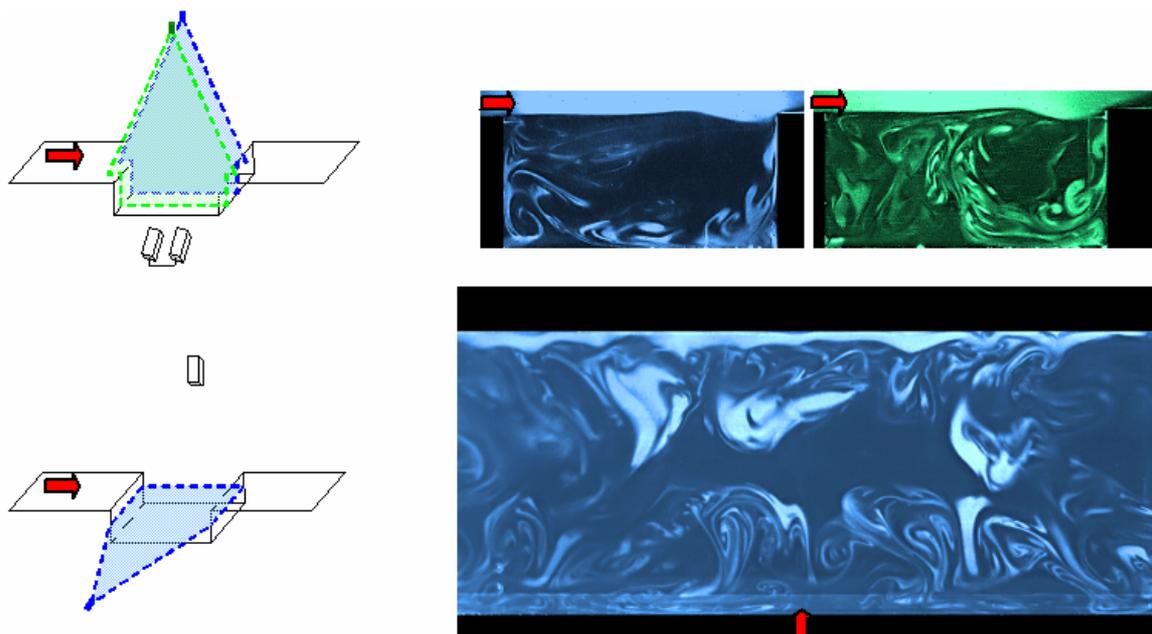


Figure 7 - Interaction d'une couche limite avec une cavité : visualisations par 2 plans laser parallèles, distants de 3 cm (en haut) et un plan horizontal (en bas) pour une vitesse extérieure $U_e = 1,21 \text{ m.s}^{-1}$

Thème Manipulation et contrôle des écoulements

B. Podvin, L. Mathelin, P. Le Quéré, L. Lorang-VoDinh, F. Lusseyran, L. Pastur, S. Pellerin, L. Ta Phuoc

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 dans cette voie pour mettre en œuvre et fournir les outils nécessaires au contrôle opéré par voie numérique. Nous continuons les études déjà entreprises sur la mise en œuvre de la manipulation et du contrôle des écoulements sur deux applications : la première concerne le contrôle de la turbulence en zone de proche paroi, la seconde est relative à la manipulation des instationnarités autour de corps épais. Les techniques de contrôle reposent la plupart du temps sur des méthodes de prédiction à temps court à partir de modèles réduits. Ces modèles sont généralement basés sur l'évolution de systèmes dynamiques qui doivent être fiables et robustes pour fournir une prédiction fidèle de l'écoulement à contrôler. C'est, en particulier, dans ce créneau de recherche que de nouvelles études sont apparues récemment autour des activités de L. Mathelin (CR2) et L. Pastur (MdC), tous deux recrutés dans les dernières années.

Manipulation d'écoulements autour de corps épais : Cette étude est relative au contrôle des écoulements décollés autour de corps épais. Il s'agit alors d'évaluer les techniques de contrôle pour l'amélioration des performances aérodynamiques (augmentation de la portance, diminution de la traînée). A partir de Simulations des Grandes Echelles, différents moyens de contrôle (rotation, aspiration, jets synthétiques) ont successivement été appliqués dans le cas d'écoulements autour de corps épais (cylindre, profil NACA, turbovoile de Malavard-Cousteau utilisée sur l'Alcyon). Un intérêt particulier est porté aux influences de la position de l'action et de l'intensité du contrôle, ceci pour des nombres de Reynolds modérés à élevés. Dans un souci de validation, les résultats de simulation sont comparés à des résultats expérimentaux obtenus au LEA de Poitiers (J. Tensi), dans le cas de l'écoulement autour d'un cylindre au haut nombre de Reynolds de 10^5 , correspondant au régime subcritique (décollement laminaire de la couche limite). Les comparaisons sont effectuées dans le cas avec et sans contrôle par aspiration de la couche limite à la paroi du cylindre, pour différentes positions et intensités. Les résultats LES sont en bon accord avec l'expérience. Ceci prouve la capacité de la LES à prédire le développement d'écoulements turbulents décollés à haut nombre de Reynolds, en présence ou non de contrôle. D'autre part, l'efficacité du contrôle sur l'augmentation de la portance et la réduction de la traînée est analysée pour la turbovoile ainsi que pour un

profil NACA 0012 en fonction de l'angle d'incidence. Le contrôle par aspiration modifie fortement la nature de l'écoulement. Dans le cas du profil NACA en particulier, l'aspiration retarde le décollement et réduit ainsi l'épaisseur du sillage. Pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Control at the wall of turbulent flows](#).

Contrôle de la turbulence de paroi : L'objectif de cette étude est la réduction de traînée à la paroi d'un canal plan turbulent en manipulant l'écoulement à la paroi. La connaissance de l'écoulement dans la zone de paroi permet d'obtenir, en appliquant une technique de soufflage/aspiration inspirée de Choi, Moin et Kim, jusqu'à 25% de réduction de traînée. L'enjeu est alors d'obtenir toujours une réduction lorsque l'écoulement n'est connu seulement qu'à la surface. La thèse de L. Lorang a consisté à mettre en œuvre un réseau de neurones pour déterminer les caractéristiques essentielles de l'écoulement à l'intérieur du fluide à partir de mesures de cisaillement pariétal transverse. La résolution et l'étendue de la grille de mesures ont été choisies pour prendre en compte des contraintes réalistes – les capteurs ont une taille minimale, et doivent se trouver dans un voisinage du point de contrôle. Dans ces conditions, environ 12% de réduction de traînée ont pu ainsi être obtenus. [Des tests ont été réalisés dans un canal « minimal » \(minimal flow unit\), ainsi que dans une simulation de canal classique.](#) Dans le cadre de son séjour de mise à disposition à l'université de Columbia, B. Podvin s'est intéressée aux perspectives de contrôle par injection de microbulles à la paroi et en particulier à la modélisation numérique des trajectoires des bulles en présence de parois inclinées, en s'appuyant sur une étude expérimentale conduite par D. Attinger (Université de Columbia). Pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Control at the wall of turbulent flows](#).

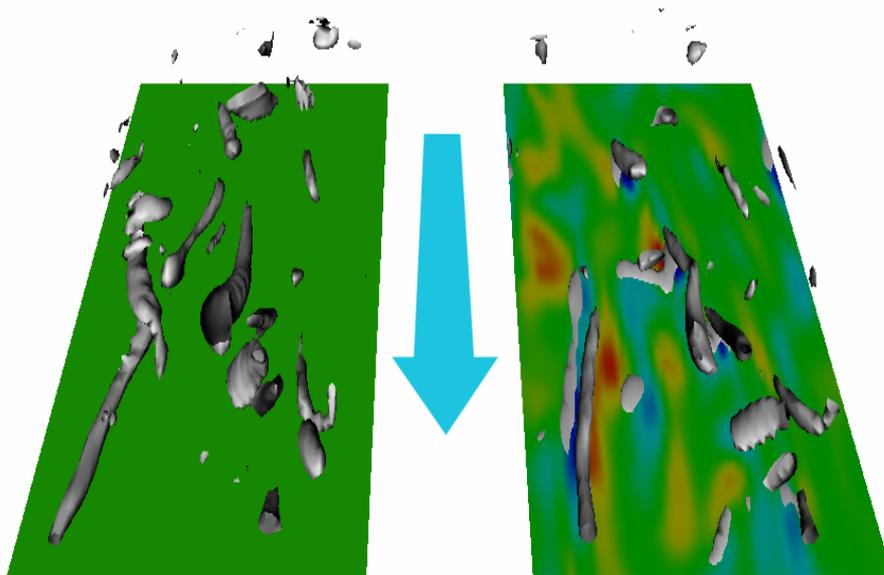


Figure 8 – Iso-surfaces du critère Q ($Q=0.3$) pour un écoulement de canal plan à $Re_t=180$ non contrôlé à gauche et contrôlé à droite par du soufflage (en rouge) et de l'aspiration (en bleu) à la paroi. Le contrôle est une estimation par réseau de neurones du contrôle en opposition de phase à l'aide de mesures de cisaillement pariétal

Contrôle robuste : La détermination d'actions de contrôle efficaces nécessite la prise en compte des aléas et des incertitudes inhérentes à tout système physique réel. Les conditions opératoires et les paramètres intervenant lors du contrôle d'un système sont en effet toujours connus avec une précision finie. Dans le contexte du contrôle en boucle ouverte, comme actuellement majoritairement pratiqué en mécanique des fluides sur des systèmes réels, cette incertitude des paramètres d'entrée conditionne très fortement les performances et même la stabilité du contrôle. Nous avons développé un algorithme de contrôle optimal basé non plus seulement sur les seules performances de contrôle mais également sur leur variance statistique pour l'ensemble des réalisations des paramètres portant l'incertitude. La fonctionnelle coût considérée tend alors à favoriser un contrôle qui conduise à des performances légèrement moindres que dans le cas non robuste mais relativement homogènes sur une certaine plage de paramètres. Cette homogénéité des performances est capitale pour éviter toute excursion du système physique à des valeurs inacceptables ou dangereuses. Cette méthodologie a été appliquée à la réduction de traînée d'un cylindre circulaire soumis à un écoulement transverse dont le nombre de Reynolds suit une loi statistique de densité

de probabilité uniforme dans un certain domaine autour de sa valeur nominale. Le contrôle s'effectue par soufflage/aspiration normaux à la paroi. Les résultats des simulations numériques montrent le bien meilleur comportement de la traînée lorsque le nombre de Reynolds varie raisonnablement autour de sa valeur moyenne par rapport à un contrôle optimal non robuste pour lequel les performances de réduction de la traînée s'effondrent dès que le nombre de Reynolds s'écarte de sa valeur nominale. Pour plus d'informations, veuillez consulter la page de présentation : [Optimal robust control under uncertainty](#).

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Virginie	Daru	Ens-Ch	MC	ENSAM
Thierry	Faure	Ens-Ch	MC	Paris VI
Jean-Luc	Guermond	Ch	DR2	CNRS
Olivier	Le Maitre	Ch	CR1	CNRS
François	Lusseyran	Ch	CR1	CNRS
Lionel	Mathelin	Ch	CR2	CNRS
Luc	Pastur	Ens-Ch	MC	Paris XI
Stéphanie	Pellerin	Ens-Ch	MC	Paris XI
Bérengère	Podvin	Ch	CR1	CNRS
Denisse	Sciamarella	Ch	CR2	CNRS
Loc	Ta Phuoc	Ch	DR2	CNRS
Christian	Tenaud	Ch	CR1	CNRS

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Samia	Bensmina	SMAE	Paris VI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Florian	Abeguilé	Post-Doc
Li	Lorang Vo Dinh	Post-Doc
Christophe	Perrotin	CDD

Participation à des instances

Instances d'évaluation ou d'expertise

- J.-L. Guermond est membre du comité international d'organisation de la conférence ECCOMAS 2006
- J.-L. Guermond est également éditeur associé de « International Journal of Numerical Analysis and Modeling »

Instances d'administration de la recherche

Au niveau national

- Nous sommes présents dans diverses Commissions de Spécialistes : S. Pellerin est vice-présidente B de la CSE 60-62^{ème} sections de l'Université Paris-Sud 11 et membre de la CSE 60^{ème} section de Lille I ; L. Mathelin est membre de la CSE 62^{ème} section du CNAM ; F. Lusseyran est membre de la

CSE 60-62^{ème} sections de l'Université Paris-Sud 11, membre titulaire de la CSE 30-60-62^{ème} sections de l'Université de Rouen et membre suppléant de la CSE 60-61-63^{ème} sections de l'Université Paris 12.

- V. Daru est membre élu de la section 10 du Comité National et C. Tenaud est membre élu du Conseil Scientifique du Département Sciences et Technologies de l'Information et de l'Ingénierie (ST2I) 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 pédagogique de l'École Doctorale SMAE de l'UPMC. Il siège au Comité de Programme n°2 des centres nationaux de calcul.

Au niveau international

- C. Tenaud a été secrétaire du pôle France West ERCOFTAC sur la période considérée.
- J.L. Guermond est membre du Comité Exécutif du Department of Mathematics, Texas A&M University (TAMU), College Station Texas.

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, Paris XI) et S. Pellerin (MC, Paris XI).
- Responsable de la plate-forme de Travaux Pratiques de Mécanique des Fluides de l'UPMC (Th. Faure)
- Les chercheurs participent aux enseignements de différents Master 2 Recherche : Sciences De l'Ingénieur de l'UPMC (C. Tenaud), Dynamique des Fluides et des Transferts, co-habilité UPMC et Paris-Sud 11 (C. Tenaud, F. Lusseyran), Mécanique énergétique de l'Université de Nancy, Fluides Atmosphères et Plasmas de l'Université d'Orléans (F. Lusseyran).
- Le groupe accueille régulièrement des stagiaires de 2^{ème} et 3^{ème} cycles des Universités et des Grandes écoles.

Organisation de colloques

- Ecoles de printemps de Mécanique des Fluides Numérique de 2003 (8^{ème} édition à Fréjus), de 2005 (9^{ème} édition à Roscoff) et de 2007 (10^{ème} édition à Roscoff) : C. Tenaud est responsable de l'organisation.
- Ecole de Printemps "Optimisation et Contrôle des Ecoulements et Transferts" en Mars 2006 (1^{ère} édition à Aussois). L. Mathelin est coresponsable de l'organisation. La seconde édition est prévue en septembre 2008 à Batz-Sur-Mer.
- Co-organisation des Rencontres du Non-Linéaire 2005, 2006, 2007 à l'IHP, Paris (L. Pastur).

Participation à des séminaires

- S. Pellerin 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.
- Un livre d'enseignement de niveau 3^{ème} cycle est paru ayant pour titre : « Éléments finis : théorie, applications, mise en œuvre » (J.-L. Guermond).

Collaborations de recherche

Au niveau national

- Le groupe participe aux travaux de plusieurs GDR : 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), Turbulence (F. Lusseyran, C. Tenaud), GDR 2489 Dynamique et contrôle des ensembles complexes (F. Lusseyran, D. Sciamarella).
- Le groupe est également impliqué dans plusieurs projets ANR regroupant plusieurs laboratoires :
- ANR (non-thématique) CALINS 2005, coordonnée par le LIMSI (C. Tenaud) : LIMSI (Orsay), LEA (Poitiers), LML (Lille), LEMTA (Nancy).

- ANR HiSpeed 2006 : FAST (Orsay), LIMSI (Orsay), ENSTA (Palaiseau), LadHyX (Palaiseau), IAS (Orsay), Institut Jean Le Rond d'Alembert (Paris).
- ANR DIB 2007 : LEA (Poitiers), LIMSI (Orsay), PSA ;
- 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) ; avec l'ONERA, pour les recherches sur les techniques de couplage de méthode pour la modélisation de la turbulence ; avec le LEA/CEAT de Poitiers, le LEMTA de Nancy et le LML de Lille dans le domaine de la génération de conditions instationnaires (C. Tenaud, Y. Fraigneau) dans le cadre du programme ANR non thématique (CALINS) ; avec le LML de Lille, LEA/CEAT de Poitiers sur les modèles de paroi, dans le cadre du STREP WALLTURB ; avec le LEA/CEAT de Poitiers dans le domaine de la manipulation des écoulements autour de corps épais (S. Pellerin, L. Ta Phuoc) ; avec le CERMICS de l'ENPC (J.-L. Guermond) ; avec le CEA sur les méthodes de viscosité de sous-maille (J.-L. Guermond) ; avec le LMEE, Université d'Évry dans le domaine du contrôle robuste et la propagation d'incertitudes (L. Mathelin) ; 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 CLIPS-IMAG de Grenoble sur les développements de la "PIV par flot optique utilisant une programmation dynamique ; avec le LMF de Nantes sur le couplage non zonal RANS/LES dans le cadre du GDRE MFN, avec l'ICP de Grenoble dans le cadre d'un projet Franco-allemand POPAART ; avec Ch. Letellier et J. Macquet (CORIA Rouen) dans le cadre de la reconstruction de systèmes dynamiques (F. Lusseyran, L. Pastur) ; avec D. Honoré et B. Lecordier (CORIA Rouen) et A. Susset (société R&D Vision) pour le développement de la PIV Grand Champ (F. Lusseyran, Th. Faure).
- L. Ta Phuoc a été Conseiller Scientifique à l'ONERA sur la période considérée.

Au niveau international

- Le groupe entretient des relations suivies avec des instituts ou des personnalités étrangères : le Department of Fluid Mechanics de Technical University of Denmark ; the University of Texas, Austin, USA ; the Texas A&M University, Station College, USA ; le Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale du Politecnico di Milano (Professeur invité : L. Quartapelle) ; M.J. Safi, ENIT, Tunis, Tunisie ; H. Laatar et A. El Gafsi, Université de Tunis, Tunisie ; H. Ksibi, Université de Sfax, Tunisie ; A. Beghidja, Université Mentouri, Constantine, Algérie ; S.C.R. Dennis, Université de Waterloo, Canada ; K.N. Ghia, Université de Cincinnati, USA ; C. Dalton, Université de Houston, USA ; J. Shen, Université d'Orlando, USA, qui a bénéficié d'un poste en accueil CNRS ; P. Minev, University of Alberta, Edmonton, Canada ; Bojan Popov, Math. Dept., Texas A&M, Station College, USA ; Tomazs 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 Coimbra, Portugal, qui a bénéficié d'un mois de Professeur invité UPMC et collaboration dans le cadre du Programme Hubert Curien PESSOA ; G. Artana, Université de Buenos Aires, Argentine et J. Lucero, Université de Brasilia, Brésil dans le cadre d'un projet SticAmSud ; Ye Zhou (Lawrence Livermore National Lab) sur la modélisation de la turbulence dans les écoulements stratifiés par un très fort gradient thermique ; M. Yousuff Hussaini (School of Computational Science, Florida State University) sur la quantification d'incertitudes.
- J.-L. Guermond est actuellement en détachement au Department of Mathematics, Texas A&M University (TAMU), College Station Texas.
- D. Sciamarella est actuellement en 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 coordinatrice (et responsable du site <http://france-conesud.limsi.fr>) du Réseau Thématique Dynamique des Fluides France-Cône Sud (GDRI 45).

Contrats de recherche et valorisation

Conventions et contrats de collaboration

- Nous sommes soutenus par la DGA et Dassault-Aviation via l'ONERA/DSNA dans le domaine de la génération des conditions instationnaires pour du couplage de méthodes en simulation numérique d'écoulements instationnaires turbulents (contrat pluriannuel).
- Le groupe a été financé par 11 contrats ou conventions de recherche pendant la période considérée.

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/01/2001	31/12/2007	DRI Pologne	Autre	CNRS / Académie polonaise des sciences (PAN)	13 900 €	Le Quéré Patrick	Partenariat
01/04/2005	31/03/2009	WALLTURB	STREP	UE	134 000 €	Stanislas Michel	Contrat avec la commission européenne
01/07/2004	01/07/2007		Autre	Regienov	23 200 €	Ta Phuoc Loc	Collaboration de recherche
01/01/2005	31/12/2008	POPAART	Autre	CNRS- MAE	6 000 €	Sciamarella Denisse	Collaboration de recherche
15/03/2005	20/08/2008	PEA CACV	Autre	ONERA	67 500 €	Tenaud Christian	Collaboration de recherche
05/12/2005	30/11/2008	CALINS	Prog non thématique	ANR	99 422 €	Tenaud Christian	Collaboration de recherche
06/05/2006	05/05/2009	CoRSAIRe	ARA MDMSA	ANR	131 700 €	Bourdot Patrick	Collaboration de recherche
08/11/2006	07/11/2009	HiSpeed PIV	Prog non thématique	ANR	122 400 €	Moisy Frédéric	Collaboration de recherche
01/10/2007	30/09/2009		Projet Emergent	Digiteo	1 655 €	Martinez Jean-Marc	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2011	DIB 2007	Prog non thématique	ANR	150 000 €	Borée Jacques	Collaboration de recherche
22/12/2006	21/12/2009	RS-PEGASE	Prog non thématique	ANR	58 884 €	Ferriere Alain	Collaboration de recherche

Valorisation et transfert

- Transfert d'un logiciel à l'INPG, Grenoble à des fins de recherche (J.-L. Guermond). Le logiciel comprend deux modules : (i) un mailleur et (ii) un code Magnéto Thermique.
- Dépôt d'un dossier de valorisation auprès de la Délégation Aux Entreprises du CNRS (dossier DAE n°DI 527-01), dans le cadre d'une action contractuelle avec la société DANTEC pour le traitement PIV utilisant un algorithme de flot optique par programmation dynamique, en cours de négociation par FIST.

Production scientifique

Thèses

1. Bentaleb, L., *Simulation de l'interaction chocs et couche cisailée en écoulements confinés par des méthodes de multirésolution adaptatives*. 2006, Université Paris 6/LIMSI.
2. Fournier, G., *Contrôle de l'écoulement décollé autour de profils épais par la simulation des grandes échelles. Thèse Doct Sciences Mécaniques, Acoustique et Electronique*. 2005, Université Paris 6/LIMSI.
3. Lorang, L., *Contrôle de la traînée dans la zone de paroi d'un canal plan turbulent à l'aide de réseaux de neurones*. 2007, Université Paris 6/LIMSI.
4. Tenaud, C., *Contribution à la simulation numérique des écoulements à haut nombre de Reynolds, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2005, Université Paris 6/LIMSI.

Revue à comité de lecture

1. Bejanov, B., J.L. Guermond, and P.D. Minev, *A locally DIV-free projection scheme for incompressible flows based on non-conforming finite elements*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2005. **49**(5): p. 549-568.
2. Daru, V., M.-C. Duluc, O. Le Maitre, D. Juric, and P. Le Quéré, *Modélisation et simulation numérique du changement de phase liquide-vapeur en cavité*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(1): p. 25-33.
3. Daru, V. and X. Gloerfelt, *Aeroacoustic computations using a high-order shock-capturing scheme*. AIAA Journal, 2007. **45**(10): p. 2474-2486.
4. Ern, A. and J.L. Guermond, *Evaluation of the condition number in linear systems arising in finite element approximations*. Mathematical Modelling and Numerical Analysis, 2006. **40**(1): p. 29-48.

5. Ern, A. and J.L. Guermond, *Discontinuous galerkin methods for Friedrichs systems. I. General theory*. SIAM Journal on Numerical Analysis, 2006. **44**(2): p. 753-778.
6. Faure, T., P. Adrianos, F. Lusseyran, and L. Pastur, *Visualizations of the flow inside an open cavity at medium range Reynolds numbers*. Experiments in Fluids, 2007. **42**(2): p. 169-184.
7. Faure, T., F. Lusseyran, P. Gougat, and F. Launay, *Experimental and numerical investigation of the flow distribution inside a tubular heat exchanger*. Journal of Fluids Engineering - Transactions of The ASME, 2006. **128**(6): p. 1218-1227.
8. Fournier, G., S. Pellerin, and L. Ta Phuoc, *Contrôle par rotation ou par aspiration de l'écoulement autour d'un cylindre calculé par simulation des grandes échelles*. Comptes Rendus Mécanique, 2005. **333**(3): p. 273-278.
9. Guermond, J.L., *Nonstandard nonconforming approximation of the stokes problem, I : periodic boundary conditions*. International Journal of Numerical Analysis and Modeling, 2005. **2**(3): p. 345-354.
10. Guermond, J.L., *Les solutions éléments finis des équations de Navier-Stokes périodiques en dimension trois sont "appropriées"*. Comptes Rendus Mathématique, 2005. **341**(8): p. 491-496.
11. Guermond, J.L., P.D. Mineev, and J. Shen, *Error analysis of pressure-correction schemes for the time-dependent stokes equations with open boundary conditions*. SIAM Journal on Numerical Analysis, 2005. **43**(1): p. 239-258.
12. Guermond, J.L., P.D. Mineev, and J. Shen, *An overview of projection methods for incompressible flows*. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2006. **195**(44-47): p. 6011-6045.
13. Guermond, J.L. and S. Prudhomme, *On the construction of suitable solutions to the Navier-Stokes equations and questions regarding the definition of large eddy simulation*. Physica D, 2005. **207**(1-2): p. 64-78.
14. Mathelin, L. and O. Le Maitre, *Dual-based a posteriori error estimate for stochastic finite element methods*. Communications in Applied Mathematics and Computational Science, 2007. **2**: p. 83-115.
15. Moussa, B.A., H. Ksibi, C. Tenaud, and M. Baccar, *Paramètres géométriques de contrôle de la détente d'un fluide supercritique*. International Journal of Thermal Sciences, 2005. **44**(8): p. 774-786.
16. Pastur, L., F. Lusseyran, T. Faure, Y. Fraigneau, R. Pethieu, and P. Debesse, *Quantifying the non-linear mode competition in the flow over an open cavity at medium Reynolds number*. Experiments in Fluids, 2007.
17. Pastur, L., F. Lusseyran, Y. Fraigneau, and B. Podvin, *Determining the spectral signature of spatial coherent structures*. Physical Review E, ref 065301, 2005. **72**(6): p. 4.
18. Podvin, B., Y. Fraigneau, F. Lusseyran, and P. Gougat, *A reconstruction method for the flow past an open cavity*. Journal of Fluids Engineering, 2006. **128**(3): p. 531-540.
19. Pomeau, Y. and D. Sciamarella, *An unfinished tale of nonlinear PDEs : do solutions of 3D incompressible Euler equations blow-up in finite time?* Physica D : Nonlinear Phenomena, 2005. **205**(1-4): p. 215-221.
20. Sciamarella, D. and P. Le Quéré, *Solving for unsteady airflow in a glottal model with immersed moving boundaries*. European Journal of Mechanics - B/Fluids, 2007. **Accepté 2007**: p. 12p.
21. Shin, S., S.I. Abdel-Khalik, V. Daru, and D. Juric, *Accurate representation of surface tension using the level contour reconstruction method*. Journal of Computational Physics, 2005. **203**(2): p. 493-516.
22. Tenaud, C., S. Pellerin, A. Dulieu, and L. Ta Phuoc, *Large eddy simulations of a spatially developing incompressible 3D mixing layer using the v-w formulation*. Computers & Fluids, 2005. **34**(1): p. 67-96.

Livres et ouvrages

Chapitres d'ouvrage

1. Guermond, J.L., *Fluid mechanics : numerical methods*, in *Encyclopedia of mathematical physics*, J.P. Francoise, G.L. Naber, and S.T. Tsou, Editors. 2006, Elsevier. p. 365-374.

Conférences à comité de lecture

1. Abéguilé, F., Y. Fraigneau, L. Lorang, and C. Tenaud. *Générateur de conditions aux limites amont pour les simulations de type LES des écoulements de paroi*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
2. Bentaleb, L., C. Tenaud, and O. Roussel. *Adaptive multiresolution methods for the simulation of shocks/shear layer interaction in confined flows*. in *ENUMATH 2005. The Sixth European Conference on Numerical Mathematics and Advanced Applications*. 2005.
3. Daru, V., M.-C. Duluc, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Numerical simulations of liquid vapour phase change problem in a closed cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
4. Daru, V., M.-C. Duluc, D. Juric, and P. Le Quéré. *A numerical model for the simulation of liquid-vapor phase change in an enclosure*. in *ICCHMT 2005. 4th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer*. 2005.

5. Daru, V., M.-C. Duluc, O. Le Maitre, D. Juric, and P. Le Quéré. *Simulation numérique d'écoulements liquide vapeur faiblement compressibles*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique.AFM*. 2005.
6. Daru, V., Y. Fraigneau, and C. Tenaud. *Comportement d'un schéma à capture de choc de haute précision en simulation des grandes échelles*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique.AFM*. 2005.
7. Daru, V. and X. Gloerfelt. *Aeroacoustic computations using a high-order shock-capturing scheme*. in *12th AIAA/CEAS Aeronautics Conference (27th AIAA Aeronautics Conference)*. 2006.
8. De Gassowski, G., O. Daube, S. Xin, and Y. Fraigneau. *Bifurcations and multiple solutions in an air-filled differentially heated cubic cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
9. Debesse, P., D. Baltean, F. Lusseyran, and M.X. François. *Analyse expérimentale des effets non linéaires dans les systèmes thermoacoustiques*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
10. Duluc, M.-C., V. Daru, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Déplacement d'interface liquide - gaz sous l'effet d'un chauffage*. in *SFT 2007 Congrès Français de Thermique "Thermique et Société"*. 2007.
11. Faure, T., P. Debesse, F. Lusseyran, and P. Gougat. *Structures tourbillonnaires engendrées par l'interaction entre une couche limite laminaire et une cavité*. in *FLUVISU11. Colloque de Visualisation et de Traitement d'Images en Mécanique des Fluides*. 2005.
12. Faure, T., F. Lusseyran, L. Pastur, R. Pethieu, and P. Debesse. *Développement d'instabilités dans un écoulement subsonique se développant au-dessus d'une cavité : mesures synchronisées PIV-LDV*. in *CTFL2006. 10ème Congrès Francophone de Techniques Laser*. 2006.
13. Faure, T., N. Pechlivanian, F. Lusseyran, and L. Pastur. *Apparition de structures tourbillonnaires de type Görtler dans une cavité parallélépipédique ouverte de forme variable*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
14. Fournier, G., S. Pellerin, and L. Ta Phuoc. *Contrôle par aspiration pariétale de l'écoulement turbulent autour d'un profil NACA0012 en forte incidence*. in *40e Colloque d'Aérodynamique Appliquée : Aérodynamique Instationnaire. AAAF*. 2005.
15. Fraigneau, Y. and P. Le Quéré. *Simulations numériques 3D d'écoulements de convection naturelle à haut nombre de Rayleigh générés par un barreau chauffé en cavité fermée*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
16. Fraigneau, Y., P. Le Quéré, M. Bouafia, and O. Daube. *Non Boussinesq convection around a square cylinder within a rectangular cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
17. Fraigneau, Y. and C. Tenaud. *Générateur de conditions aux limites amont pour les simulations de type LES des écoulements en turbulence établie*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique.AFM*. 2005.
18. Korczyk, P.M., F. Lusseyran, T.A. Kowalewski, and S.P. Malinowski. *Investigations of turbulence statistics in the laboratory model of an atmospheric cloud*. in *EFMC 6 - Euromech Fluid Mechanics Conference 6*. 2006.
19. Lehugeur, B., P. Gilliéron, and L. Ta Phuoc. *Characterization of longitudinal vortices in the wake of a simplified car model*. in *23rd AIAA Applied Aerodynamics Conference*. 2005.
20. Lorang, L., F. Abéguié, Y. Fraigneau, and C. Tenaud. *Identification de systèmes dynamiques dans un canal plan turbulent à l'aide de réseaux de neurones*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
21. Lusseyran, F., L. Pastur, T. Faure, and R. Pethieu. *Structures tourbillonnaires cohérentes et intermittence des modes fréquents dans un écoulement en cavité ouverte*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
22. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *A posteriori error analysis for stochastic finite element solutions of fluid flows with parametric uncertainties*. in *ECCOMAS CFD 2006. European Conference on Computational Fluid Dynamics*. 2006.
23. Mongruel, A., V. Daru, S. Tabakova, A. Stoilova, F. Feuillebois, and S. Radev. *Impact de gouttes sur une surface solide et sèche : étude aux temps courts*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
24. Nolin, G., I. Mary, and L. Ta Phuoc. *Méthode de couplage RANS/LES pour la simulation d'écoulements transitionnels et turbulents*. in *40e Colloque D'Aérodynamique Appliquée : Aérodynamique Instationnaire. AAAF*. 2005.
25. Nolin, G., Y. Mary, and L. Ta Phuoc. *RANS Eddy viscosity reconstruction from LES flows field for turbulent boundary layers*. in *17th AIAA Computational Fluid Dynamics Conference*. 2005.
26. Nolin, G., Y. Mary, and L. Ta Phuoc. *RANS field reconstruction in zonal RANS/LES coupling*. in *ERCOFTA Workshop : direct an large-Eddy simulation - 6*. 2005.
27. Pastur, L., F. Lusseyran, Y. Fraigneau, and T. Faure. *Etude de la dynamique locale d'un écoulement en cavité ouverte*. in *5e Colloque Chaos Temporel et Chaos Spatio-Temporel*. 2005.
28. Podvin, B., D. Attinger, and F. Moraga. *Numerical simulation of a small bubble impinging onto an inclined wall*. in *ASME-IMECE06. International Mechanical Engineering Congress and Exposition 2006*. 2006.
29. Podvin, B., S. Khoja, D. Attinger, and F. Moraga. *Model and experimental visualization of a bubble interacting with an inclined wall*. in *APS/DFD Meeting 2007. Division of Fluid Dynamics - 60th Annual Meeting*. 2007.

30. Quénot, G., T. Faure, and F. Lusseyran. *CLIPS-IMAG and LIMSIS-CNRS at the 3rd PIV Challenge*. in *International PIV Challenge 2005*. 2005.
31. Sciamarella, D. and C. D'Alessandro. *Stylization of glottal-flow spectra produced by a mechanical vocal-focal model*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
32. Sciamarella, D. and P. Le Quéré. *Airflow in a channel with vibrating vocal folds*. in *BBVIV5. Fifth Conference on Bluff Body Wakes and Vortex - Induced Vibrations*. 2007.
33. Tenaud, C. *Multirésolution adaptative en bases d'ondelettes : application à la simulation d'écoulements visqueux compressibles avec discontinuités*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
34. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Estimation de corrélations dans un écoulement de canal turbulent à l'aide de réseaux de neurones*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique. AFM*. 2005.
35. Xin, S., M.-C. Duluc, F. Lusseyran, and P. Le Quéré. *Etude numérique et expérimentale de la convection naturelle externe autour d'un fil chauffant*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique. AFM*. 2005.

Congrès sans actes, workshops

1. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Approximation of the magneto-hydrodynamic equations with a new spectral-FEM method*. in *DFD05. The 2005 APS Division of Fluid Dynamics 58th Annual Meeting*. 2005.
2. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Approximation des équations 3D de la magnétohydrodynamique par une méthode spectrale-éléments finis nodaux*. in *RNL 2006. Rencontre du Non-Linéaire*. 2006.
3. Laguerre, R., A. Ribeiro, C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Dynamo Taylor-Couette en géométrie finie*. in *10ème Rencontre du Non-Linéaire*. 2007.
4. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *Robust optimal control of fluid flow*. in *6th SIAM Conference on control and its applications*. 2005.
5. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *Dual-based error analysis for uncertainty quantification in a chemical system*. in *ICIAM'07*. 2007.
6. Pethieu, R., L. Pastur, F. Lusseyran, and T. Faure. *Caractérisation expérimentale de la compétition non-linéaire de modes de Kelvin-Helmholtz dans un écoulement en cavité*. in *10ème Rencontre du Non-Linéaire*. 2007.
7. Lusseyran, F., L. Pastur, T. Faure, P. Debesse, D. Baltean, and M.X. François. *Mesure synchronisée PIV - grandeur scalaire locale : la moyenne de phase et ses possibles évolutions*. in *20e Journée Thématique de L'Association Francophone de Vélocimétrie Laser*. 2006.
8. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *Dual-based a posteriori error analysis for spectral representations of uncertainty*. in *7th World Congress on Computational Mechanics*. 2006.
9. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Flow estimation using neural network*. in *TSFP-4. Fourth International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena 2005*. 2005.
10. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Mise en oeuvre de réseaux de neurones dans une stratégie de réduction de la traînée à la paroi*. in *13ème Colloque "Jeunes Chercheurs" Alain Bouyssy. Faculté des Sciences d'Orsay*. 2005.

CLAUDINE DANG VU-DELCARTE

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, ...), 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 croissance cristalline, la thermique de l'habitat, la réfrigération, et de manière générale toutes les configurations où une inhomogénéité de température est à l'origine d'un mouvement de fluide tendant à réduire cette inhomogénéité, situation de couplage fort entre le mouvement fluide et la force qui lui donne naissance. Traditionnellement, ces situations sont étudiées grâce au modèle de Boussinesq et des conditions aux limites idéalisées. La validité de ce 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 questionnement touche à la théorie des systèmes dynamiques : la convection peut être interprétée en utilisant des notions de la théorie des bifurcations et, historiquement, a été une source principale de nouveaux développements théoriques dans ce domaine. Enfin, des gradients thermiques peuvent être si importants que la convection devient turbulente, et nos travaux visent dans ce cas à l'amélioration des capacités prédictives pour ces régimes turbulents, notamment par l'approche LES et le développement de modèles de sous-mailles spécifiques.

Les écoulements pilotés par le cisaillement ou la rotation constituent l'autre sujet étudié par les membres du groupe, en raison de la très grande similarité entre convection et rotation. Un problème privilégié est l'écoulement engendré par la rotation différentielle des deux disques d'une cavité cylindrique. Il est surprenant de constater que cette configuration fondamentale a été très peu étudiée et son comportement est inexploré dans une grande partie de l'espace des paramètres. Son champ d'applications a été, ces dernières années, étendu à la magnétohydrodynamique (MHD) par l'étude de l'effet dynamo, et une grande partie de nos efforts a été tournée vers le développement d'algorithmes efficaces pour les équations MHD, dans des situations où le champ se produit dans des milieux semi-infinis présentant des sauts de conductivité électrique. Ces recherches participent à l'effort international important pour créer expérimentalement une dynamo fluide auto-entretenu. L'étude de l'écoulement cisaillé de Couette plan pourrait apporter des éléments de compréhension de la transition vers la turbulence dans les conduites.

Toutes ces études reposent principalement sur des simulations numériques, et comme par le passé, une part importante de nos efforts est tournée vers l'amélioration des outils de simulation et le développement d'outils adaptés, en portant une attention constante à la qualité de l'approximation numérique. La plupart des études portant sur la stabilité des écoulements ont bénéficié d'une même démarche méthodologique consistant à obtenir les équations stationnaires, même instables, et à ensuite rechercher les modes les plus instables du Jacobien. En outre, les équations de Navier-Stokes en milieu confiné et les équations de la MHD présentent des difficultés numériques particulières ; un investissement important a été consacré à la recherche d'outils numériques performants pour les résoudre. En parallèle, la question des conditions aux limites à utiliser et leur implémentation numérique pour traiter des écoulements induits par des sources ponctuelles en milieu infini ou semi-infini a été abordée, donnant lieu à la mise en place d'une expérience de laboratoire pour permettre une confrontation directe calcul-expérience.

Présentation de la recherche

Thème Convection thermique

S. Xin, Y. Fraigneau, P. Le Quéré, L. Martin Witkowski, C. Perrotin, A. Sergent, L. Tuckerman, C. Weisman

Avec l'augmentation des performances des ordinateurs, c'est un nouveau champ de recherche qui s'ouvre dans le domaine de la convection thermique. La simulation précise d'écoulements 3D et de leur stabilité en cavité ou encore, à l'autre extrême du nombre de Rayleigh (Ra), les statistiques et lois d'échelles de la convection turbulente, sont maintenant accessibles. Les configurations étudiées sont le parallélépipède, le cylindre et l'espace annulaire cylindrique ; elles sont différentiellement chauffées verticalement ou horizontalement. Les couplages convection-rayonnement ainsi qu'entre gradient thermique vertical et gradient de pression horizontal ont également été étudiés. Un sujet de recherche porte sur les écoulements faiblement compressibles qui jouent un rôle important dans la réfrigération par procédé thermoacoustique. Enfin la convection naturelle en milieu ouvert a fait l'objet d'une première étude. La plupart de ces travaux entrent dans les axes « Instabilités thermoconvectives » et « Couplage convection turbulence-rayonnement » de la Fédération TMC (Transfert de Masse et de Chaleur).

Convection naturelle induite par un gradient thermique horizontal.

La cavité différentiellement chauffée (gradient thermique horizontal) 2D a été revisitée en utilisant une nouvelle méthodologie initiée par L. Tuckerman. Dans le cas d'un rapport d'aspect égal à 3, des solutions stationnaires multiples ont été, pour la première fois, mises en évidence présentant des structures d'écoulement différentes. Ces solutions multiples disparaissent lorsque l'on diminue le rapport d'aspect.

Une étude faite en collaboration avec des chercheurs de l'université de l'Illinois a porté sur la stabilité linéaire de l'écoulement dans un cylindre vertical dont les disques inférieur et supérieur sont isothermes, à la même température, et la paroi latérale, soit présente un profil de température parabolique donné, soit est soumise à un flux de chaleur parabolique fixé. Les résultats sont radicalement différents pour ces deux conditions de frontières.

Pendant son année sabbatique au LIMSI, M. Prud'homme, de l'Ecole polytechnique de Montréal, en collaboration avec P. Le Quéré, s'est intéressé à la convection naturelle entre deux cylindres concentriques, dans des conditions de stratification thermique verticale avec un écart de température uniforme entre les deux cylindres. Ces travaux sont venus compléter les résultats obtenus par F. Abcha dans ses travaux de thèse il y a plus de 10 ans. Une nouvelle approche fondée sur des développements asymptotiques a été proposée pour calculer les solutions analytiques pour l'écoulement de base parallèle, complémentaire de la solution directe utilisée jusqu'ici. Les valeurs du nombre de Rayleigh critique et la structure des instabilités ont été déterminées pour plusieurs valeurs du nombre de Prandtl (Pr), degrés de stratification, de courbure et rapports entre les rayons interne et externe. Le calcul des coefficients de Landau montre que la bifurcation peut être sous-critique pour certaines valeurs des paramètres. Des solutions complètement non-linéaires ont été obtenues par intégration des équations de Navier-Stokes par méthodes spectrales. Ce travail fait l'objet d'une page de présentation [[Natural convection between vertical infinite concentric cylinders](#)].

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 volumes finis basé sur le modèle faible Mach proposé par 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 a également été utilisé pour modéliser un élément unitaire d'un stack et prédire le gradient de température dans le solide résultant de l'oscillation thermoacoustique (cas du pompage de chaleur thermoacoustique). Une étude récemment démarrée en collaboration avec L. Bauwens de l'Université de Calgary (Canada), consiste à adapter ce code faible Mach à la modélisation d'un générateur d'ondes

thermoacoustiques. Ce travail fait l'objet d'une page de présentation [[Simulation and analysis of thermoacoustic engines](#)]

Convection naturelle et mixte induite par un gradient thermique vertical

La thèse de K. Boronska a porté sur l'étude des bifurcations secondaires dans la convection de Rayleigh-Bénard en géométrie cylindrique à paroi latérale isolante. Pour certaines valeurs des paramètres, l'état stationnaire axisymétrique devient instable donnant naissance à des ondes azimutales stationnaires ou progressives. Les ondes stationnaires sont légèrement instables et donnent lieu à des ondes progressives. Ce scénario est identifié comme une bifurcation de Hopf dans un système avec une symétrie $O(2)$.

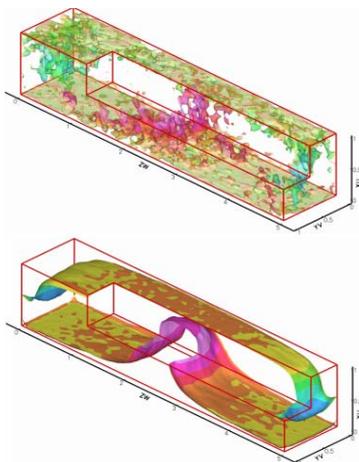
Nous nous sommes également intéressés, en collaboration avec le LETEM à l'université Paris Est, aux effets combinés d'un gradient thermique vertical et d'un gradient de pression horizontal, dit écoulement de Poiseuille-Rayleigh-Bénard, dans un canal rectangulaire. Les applications industrielles concernées sont très nombreuses aussi ce type de configuration a donné lieu récemment à un nombre important de travaux expérimentaux, mais a été numériquement très peu étudié. Le but est ici de comparer la stabilité d'écoulements 2D contenant des rouleaux longitudinaux vis-à-vis de perturbations 2D et 3D. En utilisant la même méthodologie que dans les études sur la cavité différentiellement chauffée, trois branches de solutions comportant un nombre différent de rouleaux longitudinaux stationnaires ont été mises en évidence pour un rapport d'aspect transverse égal à 10. Ces branches sont instables vis-à-vis de perturbations 3D.

Convection libre autour d'un fil chaud

Les études numériques concernent rarement la convection naturelle en milieu ouvert ceci parce que les conditions aux limites du domaine de calcul sont inconnues. Un fil chaud horizontal dans l'air est une configuration usuelle, suffisamment simple pour permettre de valider les résultats numériques par des mesures expérimentales. Des conditions aux limites d'un domaine fini 2D cylindrique ont été intégrées dans un code spectral utilisant une technique de décomposition de domaine par complément de Schur et une méthode de projection pour résoudre le couplage vitesse-pression. Deux cas ont été étudiés : la convection naturelle stationnaire autour d'un cylindre isotherme et la convection naturelle en régime transitoire autour d'un fil chauffé. Les résultats expérimentaux ont été obtenus par PIV et thermocouples par M.C. Duluc et F. Lusseyran. Un bon accord a été observé entre les résultats numériques et expérimentaux ce qui valide les conditions aux limites. Cependant, le nombre de Rayleigh (basé sur le flux) était ici très petit (0.015), il s'agit d'une première étude. Ce travail est décrit plus en détail dans une page de présentation [[Boundary conditions for natural convection around a heated wire](#)].

Convection turbulente

L'identification des différents régimes turbulents en convection de Rayleigh-Bénard est le sujet de diverses controverses. De nombreuses études tant expérimentales que numériques cherchent à clarifier la nature du mouvement à grande échelle s'établissant dans les cavités.



Écoulement de Rayleigh-Bénard en cavité. $Ra=10^{10}$, $Pr=0.71$. Isosurfaces instantanée (haut) et moyenne (bas) de température colorées par la vitesse verticale

Nos études sont basées sur des Simulations des Grandes Échelles (LES), qui sont capables de prédire des écoulements à haut nombre de Rayleigh, nous permettant ainsi d'accéder à la dynamique de ces écoulements. Nous avons tout d'abord cherché à valider le modèle de diffusivité de sous-maille indépendant de la modélisation du tenseur des contraintes, développé précédemment. Nous avons réussi à reproduire dans une lame de fluide et sur une plage de Ra de plusieurs décades, le comportement en loi d'échelles en $2/7$ déjà observé dans la littérature. La simulation d'une configuration expérimentale a mis en évidence des solutions multiples avec différentes organisations à grande échelle. [[Turbulent transition in a rectangular Rayleigh-Bénard cell at moderate aspect ratio](#)].

L'étude des transferts convectifs turbulents s'oriente depuis le début 2007 vers la convection forcée à très haute température en canal plan périodique

différentiellement chauffé. Elle repose sur des Simulations des Grandes Échelles (LES) utilisant une approximation faible Mach des équations compressibles. Ce travail est actuellement supporté par une action du programme non thématique de l'ANR, dénommée 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.

Couplage convection-rayonnement

La non concordance des résultats numériques et expérimentaux en cavité différentiellement chauffée remplie d'air, malgré la prise en compte de la conduction dans les parois, a motivé l'intégration du rayonnement de paroi et du gaz à la modélisation physique du problème.

Dans un premier temps, le rayonnement de surface a été intégré dans un code tridimensionnel pseudo-spectral de convection. Il a été mis en évidence que les champs de température pariétaux peuvent modifier de manière importante la structure globale d'un écoulement de convection naturelle. Des études bi- et tridimensionnelles ont été menées en cavité différentiellement chauffée et cellule de Rayleigh-Bénard afin de caractériser l'influence du rayonnement de paroi.

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 plus générale a été développée, afin de pouvoir sélectionner simplement la finesse de modélisation retenue et le niveau de description des propriétés radiatives des gaz. Ces couplages ont été effectués sous CORBA, avec le soutien de l'IDRIS, dans le cadre du projet d'infrastructure européenne de grilles de calcul DEISA. Les outils logiciels sont actuellement opérationnels en 2D et 3D et des exploitations sont en cours. Ce travail est soutenu par une Action Incitative du programme Energie du CNRS dénommée COCORAPHA (Couplage Convection-Rayonnement Pour l'Habitat) réunissant plusieurs équipes de numériciens et d'expérimentateurs dans les domaines de la convection et du rayonnement (EM2C (Ecole Centrale de Paris), le LEPTAB (Univ. La Rochelle), le LET (ENSMA, Poitiers), le LETEM (Univ. Marne La Vallée) et le LIMSI-CNRS). L'objectif est de savoir quel est le modèle de transfert radiatif minimal mais pertinent selon les finalités applicatives envisagées. Ce projet vient d'être reconduit en tant qu'ACI sous le nom de COCORACOPHA en vue d'étendre la modélisation à la prise en compte de l'humidité dans l'air et en étendant le périmètre du projet au CETHIL (Lyon). [[Coupling of natural convection with radiation in 2D square cavities](#)].

Thème Convection thermocapillaire et thermosolutale

C. Delcarte, G. Kasperski, G. Labrosse, L. Martin Witkowski

Les gradients de tension superficielle dus à des variations de la température peuvent créer des contraintes en surface et induire des mouvements dans le fluide, c'est la convection thermocapillaire. Des gradients de température et de concentration dans un mélange peuvent également engendrer un écoulement : c'est la convection thermosolutale. Les processus naturels et industriels dans lesquels intervient ce type d'écoulements sont nombreux. Les études au sein du laboratoire portent en particulier sur le processus de croissance cristalline dit de zone flottante dans lequel un polycristal est fondu et solidifié sur un germe de monocristal. Les instabilités de l'écoulement thermocapillaire dans le pont liquide situé entre les barreaux de poly et monocristaux 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.

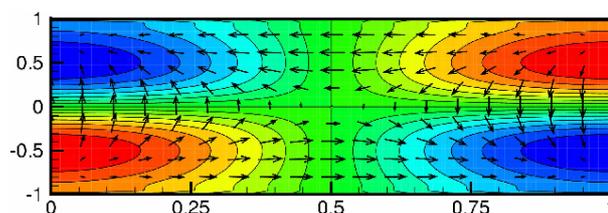
La formulation mathématique généralement retenue présente des discontinuités à la jonction de la surface libre et des surfaces solides. Les méthodes spectrales ici utilisées exigent de les filtrer explicitement ; une étude porte sur la recherche d'un modèle physique non singulier. Ces études font partie de l'axe « Instabilités thermoconvectives » de la Fédération TMC.

Convection thermocapillaire

Les simulations numériques d'écoulements thermocapillaires confinés sont généralement basées sur des modèles présentant une singularité de vorticité à la ligne triple solide-liquide-gaz. Dans sa thèse S. Nguyen, a montré que dans le modèle classique, cette singularité existe quelque soit l'angle de contact, conduisant à une pression infinie à la ligne de contact ; ceci interdit l'utilisation de l'équation de Laplace pour calculer la forme de l'interface. Quatre modèles ont été testés pour remédier à cette difficulté : un filtre polynomial explicite, un glissement de type Navier sur les parois solides, un modèle de viscosité d'interface et la

combinaison des deux dernières approches. Des solutions régulières ont été obtenues avec le premier et le dernier modèle mais seul le dernier, basé sur des considérations physiques, conduit à une valeur finie de la pression à la ligne de contact.

Les expériences sur le procédé de croissance cristalline par la technique de la zone flottante se font avec des matériaux transparents de nombre de Prandtl (Pr) ≥ 6 ; la valeur du nombre de Prandtl des métaux liquides est <1 ($Pr=0.01$ pour le silicium). Se pose dès lors la question de la pertinence des résultats expérimentaux par rapport au processus industriel. C'est, en particulier, à cette question que tente de répondre la thèse d'O. Bouizi. La stabilité linéaire de l'écoulement de base axisymétrique dans le pont liquide a été étudiée (seuils de transition et type de bifurcation) vis-à-vis de perturbations 3D, sur une large gamme de valeurs de Pr . L'étude à haut Pr n'a pu se faire que grâce à l'utilisation d'une fonction de régularisation bien choisie mais nécessitant un maillage fin dans les zones des singularités. Les outils numériques ont également permis d'obtenir les premiers résultats 3D. Ce travail fait l'objet d'une page de présentation [[Stability study of the floating zone with respect to the Prandtl number value](#)]. Une méthode, basée sur les équations adjointes permet de déterminer les zones du pont liquide les plus sensibles aux perturbations.



Écoulement thermocapillaire en pont liquide à $Pr=100$, $Ma=31600$. Vitesse et température du mode critique $k=1$ sur la surface libre

Dans les procédés de croissance cristalline, la rotation, dans le même sens ou dans des directions opposées, du cristal et du polycristal est souvent utilisée pour éliminer les défauts d'asymétrie du chauffage. Les vitesses de rotation sont généralement déterminées empiriquement. La recherche, faite en collaboration avec L. Kahouadji et J.S. Walker de l'université de l'Illinois, a mis en évidence les effets surprenants de la rotation sur la stabilisation et la déstabilisation de la zone flottante.

Convection thermosolutale

D'éventuels comportements similaires entre fluide pur et fluide binaire à haut nombre de Rayleigh ont été recherchés, des résultats expérimentaux montrant les mêmes motifs convectifs sous contraintes identiques. Les états convectifs d'un fluide pur et d'un fluide binaire ont été calculés dans une boîte cylindrique et un pont liquide. A haut nombre de Ra , les états stationnaires du fluide pur et du fluide binaire sont identiques dans le cas du pont liquide mais, dans le cas de conditions d'adhérence à la paroi latérale, les états stationnaires, bien que très similaires, présentent des types différents de bifurcation. Cette recherche a été faite en collaboration avec E. Tric de l'université de Nice Sophia Antipolis.

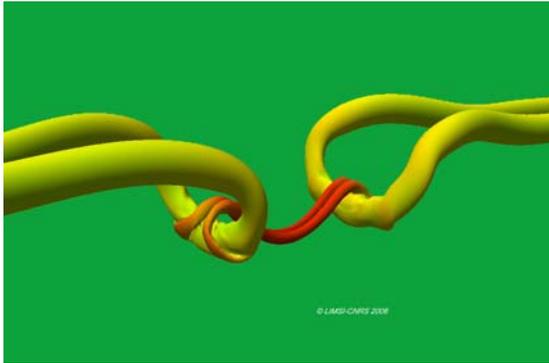
Thème Écoulements rotatifs et cisailés.

C. Nore, O. Daube, I. Delbende, P. Le Quéré, L. Martin Witkowski, L. Tuckerman

Dans les processus industriels mais aussi dans le milieu naturel, on rencontre souvent des fluides tournants. Parmi les applications industrielles en milieu ouvert, les écoulements constitués par des jets tournants sont rencontrés en combustion par exemple pour augmenter le mélange entre réactifs. On s'intéresse ici à l'éclatement tourbillonnaire qui désigne le changement brutal de la topologie de l'écoulement tournant. Il peut être provoqué dans le but de réduire la traînée aérodynamique, derrière une voiture par exemple mais, a contrario, on cherche à le contrôler derrière une aile d'avion car il diminue la stabilité.

En milieu confiné, les membres du groupe s'intéressent à l'écoulement entre deux disques tournants dans le même sens, ou dans des directions opposées, comme dans l'écoulement tourbillonnaire de von Karman. L'approximation magnétohydrodynamique des équations de Maxwell permet d'étendre l'hydrodynamique aux fluides tournants 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. L'écoulement de von Karman est généré par la rotation différentielle de deux disques parallèles, l'écoulement de Couette plan, par la translation différentielle de deux plaques parallèles.

Écoulements tourbillonnaires



Reconnexion de vortex contra-rotatifs

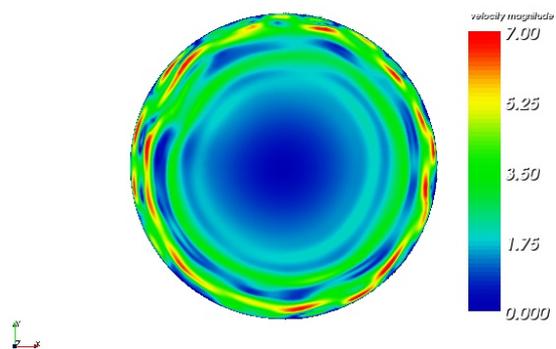
La recherche concerne le processus de reconnexion de vortex qui se produit par exemple lorsque deux tourbillons parallèles, mais de sens de rotation opposé, s'approchent l'un de l'autre. Ce phénomène se produit dans le ciel après le passage d'un avion : les deux structures qui composent le sillage tourbillonnaire se mettent à onduler symétriquement l'une par rapport à l'autre (instabilité de Crow), entrent en collision, puis l'ensemble se réorganise par reconnexion en un chapelet d'anneaux tourbillonnaires. Dans le but de modéliser ce processus, les auteurs ont identifié et quantifié le champ de déformation, dû à la courbure locale des vortex, qui précipite les structures l'une vers l'autre. Ceci provoque, par dissipation visqueuse, la reconnexion d'un vortex à l'autre, mais également l'éjection (jamais observée) d'une part substantielle de la vorticité des structures, incapables de supporter leur champ de déformation mutuelle. Ce travail, mené en collaboration avec M. Rossi de l'IJLRA à l'université Pierre et Marie Curie, est un des thèmes de l'ANR HiSpeed PIV pilotée par F. Moisy du FAST et fait l'objet d'une page de présentation [[A model for vortex reconnection](#)].

Écoulements inter-disques

L'étude de l'écoulement entre deux disques tournant à la même vitesse mais dans des directions opposées est très intéressante pour la richesse de sa dynamique et pour ses nombreuses applications industrielles. Cette configuration a fait l'objet, ces dernières années, d'un nombre important d'études car elle fournit un système hydrodynamique simple dans lequel les symétries jouent un rôle important. Les cycles quasi-hétéroclines mis en évidence numériquement ont fait l'objet d'une vérification expérimentale dans le cadre d'une collaboration avec F. Moisy du FAST et L. Quartier du LPS-ENS. Le bruit expérimental ne permet pas d'observer des cycles hétéroclines véritables (voir rapport d'activité 2005).

Avec E. Foucault et J. Pécheux du LEA Poitiers, nous avons étudié, numériquement et expérimentalement, les bifurcations et la dynamique non-linéaire de l'écoulement, dans un cylindre stationnaire de différents rapports de forme, dont les disques supérieur et inférieur tournent exactement à la même vitesse mais dans des directions opposées.

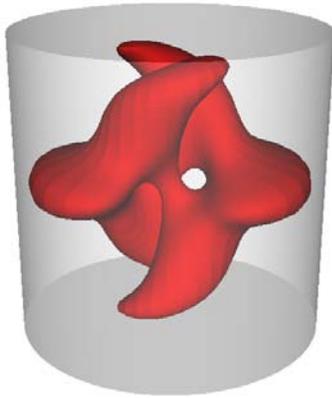
Lorsque le rapport de forme (Γ =diamètre/espace inter-disques) varie de 4 à 40, pour un faible nombre de Reynolds, l'étude numérique a montré, qu'à Γ modéré, ce sont des modes azimutaux 3D, stationnaires ou dépendant du temps, qui dominent alors qu'à grand rapport de forme, les modes critiques sont axisymétriques. La comparaison des résultats numériques et expérimentaux à $\Gamma = 30$, pour un nombre de Reynolds légèrement au-dessus du seuil critique, montre une compétition entre modes axisymétrique et 3D. Pour un nombre de Reynolds bien au-dessus du seuil, tous les modes 3D sont excités et créent des motifs irréguliers qui fluctuent en temps et qui restent localisés à la périphérie (voir figure montrant la norme de la vitesse dans un plan près de la mi-hauteur). Dans le cas de très grand Γ , une loi d'échelle entre le nombre de Reynolds critique et le rapport de forme a été établie pour la première transition de l'état axisymétrique. Une étude asymptotique a permis de trouver les mécanismes physiques de l'instabilité axisymétrique. L'ensemble de



Norme de la vitesse dans un plan près de la mi-hauteur pour un état 3D non linéaire à $\Gamma = 30$ et Re légèrement au-dessus du seuil

ces travaux fait l'objet d'une page de présentation [[Stability of the flow between two exactly counter-rotating disks with large aspect ratio](#)].

Magnétohydrodynamique (MHD)



Isosurface de 25% de l'énergie magnétique pour une dynamo similaire à celle de l'expérience de von Karman Sodium (CEA Cadarache)

La thèse de R. Laguerre a porté sur l'effet dynamo dans 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 réalistes, astrophysiques et expérimentales. Un code 3D, basé sur une méthode mixte éléments finis dans le plan méridien et une décomposition des variables en séries de Fourier dans la direction azimutale a été développé et validé en étroite collaboration avec J.-L. Guermond de Texas A & M University, et J. Léorat de l'Observatoire de Meudon. 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 Karman Sodium (VKS) menée au CEA-Cadarache. Les résultats montrent que la conductivité de l'enveloppe a un impact important sur le seuil d'instabilité et que cet effet est très amplifié lorsque le rapport entre la conductivité de l'enveloppe et celle du sodium passe de 1 à 5. L'interaction du

tourbillon de von Karman avec le champ magnétique est un des thèmes de l'ANR HiSpeed PIV. Ce travail fait l'objet d'une page de présentation [[An hybrid spectral-finite element method for the 3D MagnetoHydrodynamics equations in heterogeneous domains](#)].

Écoulements de Couette plan

L'écoulement de Couette plan est généré par la translation différentielle de deux plaques parallèles. Bien qu'il soit linéairement inconditionnellement stable, cet écoulement subit une transition brutale vers la turbulence 3D. Vu sa simplicité, il a longtemps constitué le problème type pour l'étude des transitions sous-critiques typiques des écoulements dans des conduites. Des expériences menées par O. Dauchot, S. Bottin et A. Prigent au CEA ont mis en évidence, dans les écoulements de Taylor-Couette et de Couette plan, près du seuil, des motifs où alternent bandes turbulentes et laminares, inclinées par rapport à la direction de l'écoulement. Une étude numérique, en collaboration avec D. Barkley, de l'Université de Warwick, a porté sur l'écoulement de Couette plan près de la transition. La difficulté, tant numérique qu'expérimentale, est due à la très grande longueur d'onde du motif, allant jusqu'à soixante fois la distance entre les plaques. Trois types d'états ont été mis en évidence : des motifs périodiques, localisés et intermittents, en bon accord avec les observations expérimentales ; l'analyse d'un cas périodique a été approfondie.

Méthodologie

G. Labrosse, P. Lallemand, G. Kasperski, L. Tuckerman

Étude de la stabilité

Dans la plupart des études portant sur la stabilité des écoulements, une même méthodologie a été utilisée. Elle consiste, tout d'abord, à intégrer en temps les systèmes d'équations, en général, celles de Navier-Stokes ou de Boussinesq. Ensuite, les programmes d'intégration temporelle sont utilisés pour effectuer le calcul d'états stationnaires, par la méthode de Newton, et l'analyse de leur stabilité linéaire par la méthode d'Arnoldi. Dans sa thèse, K. Boronska a montré comment combiner simulations non-linéaires, analyse de stabilité linéaire et théorie des bifurcations afin d'obtenir une complète compréhension des états oscillatoires produits par une bifurcation secondaire. Ces techniques numériques et théoriques peuvent être directement appliquées à l'étude de transitions dans d'autres problèmes et sont donc très prometteuses.

Codes de haute précision : 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'École Polytechnique de Lausanne (EPFL), maintenant à l'Université de Saint Etienne. Les modes propres cartésiens ne sont pas connus analytiquement s'ils sont contraints à vérifier une condition de non glissement sur une frontière fermée, ils ne peuvent donc être déterminés que numériquement. Les symétries d'un carré conduisent à les classer en 6 familles ; les modes fondamentaux sont identifiés famille par famille parmi les solutions numériques. Deux codes spectraux ont été utilisés : l'un est basé sur une méthode de collocation Chebyshev, l'autre sur une décomposition Galerkin-Reid-Harris. La première méthode conduit à un solveur en variables primitives. Un algorithme de projection-diffusion qui est consistant avec le problème continu découplé, permet le découplage vitesse-pression ; la divergence de la vitesse tend vers zéro avec l'augmentation du degré polynomial. La seconde approximation utilise les modes propres d'une formulation fonction de courant bien connue en mécanique des structures ; la divergence de la vitesse est ici exactement nulle. La comparaison des deux approches montre que l'approximation pseudo-spectrale est de loin la plus précise. Les modes propres de Stokes ont également été calculés par une méthode de Lattice Boltzmann. Les valeurs propres dominantes ainsi que leur multiplicité dans le carré et dans le cube sont en bon accord avec les résultats du code pseudo-spectral Chebyshev. 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 cartésiennes et cylindriques.

La résolution des équations de Navier-Stokes par approximations spectrales conduit en général à un problème de Stokes instationnaire en variables primitives dans lequel les termes non linéaires sont explicités en temps comme une source. Dans le cadre d'une collaboration avec E. Leriche, E. Perchat et M. Deville de l'EPFL, deux codes traitant différemment le découplage dans l'opérateur de Stokes ont été comparés. Deux schémas de collocation ont été analysés, l'un basé sur des polynômes de Chebyshev en mono-domaine, l'autre utilisant des éléments spectraux sur des polynômes de Legendre. La stabilité et l'ordre effectif des différents codes ont été étudiés.

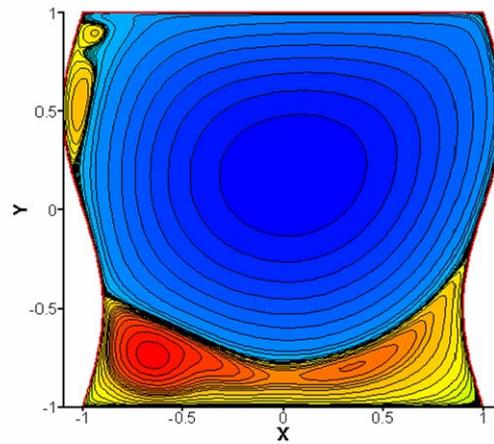
Ecoulements en cavité non orthogonale

Dans le cas d'écoulements confinés, il est nécessaire de minimiser les erreurs numériques au maximum car elles sont recyclées par l'écoulement lui-même d'où l'intérêt des méthodes spectrales. Cependant, il est bien connu qu'elles se limitent à des géométries orthogonales fixes, ce qui est une restriction forte par rapport aux configurations physiques naturelles ou industrielles. Comment lever cette restriction tout en gardant la précision spectrale et avec un côté CPU raisonnable ? Dans le cadre de sa thèse, A. Redondo a comparé des préconditionneurs de problèmes spectraux elliptiques 1D et 2D, basés sur des schémas 3 points en différences finies, éléments finis et volumes finis (VF). L'analyse des spectres Fourier et Chebyshev des différents préconditionneurs 1D montre que l'opérateur VF est le plus proche de l'opérateur spectral. Le préconditionneur VF a été utilisé dans des configurations de cavités entraînées 2D à parois latérales déformées. Les résultats montrent que les seuils de transition à l'instationnarité dépendent fortement de la géométrie latérale. Ce travail fait l'objet d'une page de présentation [[Sensitivity of the thresholds to unsteadiness upon confinement shape in deformed driven cavity](#)]. Un code en géométrie cylindrique spectral préconditionné par des volumes finis est actuellement développé par H. Tran dans le cadre de sa thèse.

Comme prolongement intéressant de l'analyse des préconditionneurs de basse précision de la dérivée seconde spectrale, tout récemment, un schéma optimal sur 3 points a été conçu pratiquement aussi précis qu'un schéma à 5 points si le maillage est régulier, et aussi précis qu'un schéma à 7 points si le maillage est irrégulier. Ce schéma optimal sort du cadre standard des différences finies, éléments finis et volumes finis.

Equations de la MHD

Les équations de la magnétohydrodynamique posent des difficultés numériques particulières ; deux codes numériques ont été développés pour les résoudre. Les champs de vitesse et magnétique doivent être solénoïdaux. La contrainte sur la vitesse est l'approximation fondamentale des fluides incompressibles ; sa satisfaction a donné lieu à de nombreuses recherches numériques et l'on possède maintenant des méthodes dont la consistance et la précision ont été largement étudiées (voir ci-dessus). Dans le cas du champ magnétique, la divergence nulle est liée à la non-existence de monopoles magnétiques. P. Boronski, pendant son travail de thèse, a écrit un code pseudo-spectral utilisant une décomposition poloïdale-toroïdale dans un cylindre fini, qui par construction, assure la divergence nulle des deux champs mais qui conduit à des systèmes d'EDP d'ordre élevé dont les conditions aux limites sont couplées. En utilisant la technique de la matrice d'influence, les systèmes ont été transformés en une séquence de problèmes elliptiques et paraboliques découplés. La méthode a été validée et la régularité des solutions vérifiée.



Légende : cavité entraînée déformée

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Claudine	Dang Vu	Ens-Ch	Pr1	Paris XI
Olivier	Daube	Ens-Ch	Pr1	Université d'Evry
Ivan	Delbende	Ens-Ch	MC	Paris VI
Gérard	Labrosse	Ens-Ch	Pr1	Paris XI
Patrick	Le Quéré	Ch	DR1	CNRS
Laurent	Martin Witkowski	Ens-Ch	MC	Paris VI
Caroline	Nore	Ens-Ch	Pr2	Paris XI
Anne	Sergent	Ens-Ch	MC	Paris VI
Catherine	Weisman	Ens-Ch	MC	Paris VI

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Lyes	Kahouadji	SMAE	Paris VI
Alexis	Redondo	Physique Macroscopique	Paris VII
Adolfo	Ribeiro	Physique Macroscopique	Paris XI
Phan Minh Hieu	Tran	Physique Macroscopique	Paris XI
Benoit	Trouette	Physique Macroscopique	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Katarzyna	Boronska	Post-Doc
Ilyes	Mnasri	Visiteur étranger

Participation à des instances

Participation à des instances d'administration de la recherche

- C. Dang Vu-Delcarte est membre élu du CEVU de l'université de Paris Sud 11
- C. Dang Vu-Delcarte est membre élu de la CS 60-62 de l'université de Paris Sud 11
- C. Dang Vu-Delcarte est membre nommé du Département de Physique de l'université Paris Sud 11.
- O. Daube est membre élu de la section 10 du Comité National
- I. Delbende est membre élu du conseil d'UFR Mécanique-Energétique-Robotique de l'UPMC
- I. Delbende est membre élu de la CS 60 de l'UPMC
- P. Le Quéré est conseiller du Directeur Scientifique du département ST2I
- P. Le Quéré représente le CNRS dans le conseil d'administration de l'ONERA, de la Fondation EADS, de la Fondation de Recherche Aéronautique et Espace
- P. Le Quéré est membre du conseil pédagogique de l'école doctorale SMAE. Il est membre du conseil scientifique de l'Ecole Doctorale Physique Macroscopique
- P. Le Quéré est membre élu du conseil d'UFR Mécanique-Energétique- Robotique de l'UPMC
- P. Le Quéré est président de la Commission d'Evaluation des Chercheurs de l'INRETS (2004-2007)
- P. Le Quéré est membre du conseil scientifique du CNRT R2A
- P. Le Quéré est membre du conseil scientifique disciplinaire CSD2 du programme blanc de l'ANR

- P. Le Quéré est membre du conseil scientifique du programme Calcul Intensif et Simulation de l'ANR
- L. Martin Witkowski est membre élu au Conseil du Laboratoire du LIMSI
- C. Nore est membre nommé au CNU section 60, membre élu de la CS 60-62 de l'université de Paris Sud 11
- C. Nore est directrice-adjointe de l'Ecole Doctorale de Physique Macroscopique co-habilitée PVII, PXI, ESPCI
- C. Nore est membre nommé au Conseil de Laboratoire du LIMSI

Enseignement et diffusion des connaissances

- C. Dang Vu-Delcarte, G. Labrosse et C. Nore 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 mention Mécanique Physique de l'université de Paris-Sud 11 et de la Spécialité professionnelle « Acoustique physique, Dynamique des Fluides, Fluides complexes » cohabilitée avec l'Université Denis Diderot
- G. Labrosse est responsable de la Spécialité recherche « Acoustique physique, Dynamique des Fluides, Fluides complexes », cohabilitée avec l'Université Denis Diderot
- C. Nore est responsable de la première année de Master M1 mention Mécanique Physique de l'université de Paris-Sud 11
- G. Labrosse a participé à la constitution d'une Encyclopédie de Physique Mathématique (publiée en 2006 par l'éditeur Elsevier) avec la rédaction de l'article intitulé « Newtonian Fluids and Thermohydraulics »

Collaborations de recherche

Internationales

- C. Dang Vu-Delcarte et G. Labrosse font partie du topical team Microgravity de l'European Space Agency
- G. Labrosse a des collaborations (1) 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, (2) avec R. Narayanan du département de Chemical Engineering de l'Université de Floride (USA) sur les instabilités interfaciales, (3) 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 (4) 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 et A. Sergent entretiennent 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) sur les écoulements inter-disques, la convection naturelle et la convection thermocapillaire. Cette collaboration a été soutenue par l'accord cadre CNRS-UIUC. Il collabore également avec B. Houchens (Rice University)
- C. Nore collabore avec J.L. Guermond de l'Université du Texas sur les codes MHD
- C. Weisman participe à une collaboration CNRS/Royal Society avec D. Barkley de l'Université de Warwick sur la complexité spatio-temporelle dans des écoulements bi- et tri-dimensionnels

Nationales

- Le groupe intervient dans plusieurs réseaux nationaux :
- GdR AMETH (Amélioration des échanges thermiques)
- GdR Turbulence
- GdR Dynamo
- GdR Dycoec (Dynamique et Contrôle des Ensembles Complexes)

- Les collaborations suivantes ont donné lieu à des publications communes :
- C. Dang Vu-Delcarte collabore avec G. Kasperski (FAST) sur les instabilités thermocapillaires
- I. Delbende collabore avec M. Rossi (IJLRA) sur les instabilités de jets tournants
- G. Labrosse collabore avec E. Leriche et M. Deville de l'EPFL sur les modes propres de Stokes
- P. Le Quéré entretient une collaboration avec S. Blancher et R. Creff (LATEP, Université de Pau) sur les instabilités hydrodynamiques dans des canaux ondulés
- P. Le Quéré a collaboré avec H. Paillère (CEA/DEN/SMMT) pour l'organisation du benchmark sur la convection non-Boussinesq
- C. Nore collabore avec F. Moisy (FAST), L. Quartier (LPS) sur les écoulements contra-rotatifs
- C. Nore collabore avec J. Léorat (Observatoire de Meudon) sur la MHD
- C. Nore collabore avec M.E. Brachet (LPS) sur les équations shallow water
- A. Sergent et P. Le Quéré collaborent avec F. Penot (LET) et P. Joubert (LEPTAB)

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/01/2001	31/12/2007	DRI Pologne	Autre	CNRS / Académie polonaise des sciences (PAN)	13 900 €	Le Quéré Patrick	Partenariat
01/04/2006	31/12/2007	CMCU tuniso français	Autre	CMCU	11 601 €	Le Quéré Patrick	Partenariat
01/06/2004	30/06/2008	COCORAPHA	Programme interdisciplinaire Energie	CNRS	82 000 €	Le Quéré Patrick	Collaboration de recherche
15/10/2004	14/10/2007	MAEVA 2	Autre	ONERA	85 000 €	Le Quéré Patrick	Collaboration de recherche
08/03/2005	07/03/2007		Autre	PCA	30 000 €	Le Quéré Patrick	Collaboration de recherche
01/11/2005	31/10/2006		Autre	CEA	50 044 €	Labrosse Gerard	Collaboration de recherche
08/11/2006	07/11/2009	HiSpeed PIV	Prog non thématique	ANR	122 400 €	Moisy Frédéric	Collaboration de recherche
22/12/2006	21/12/2009	RS-PEGASE	Prog non thématique	ANR	58 884 €	Ferriere Alain	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Boronska, K., *Motifs tridimensionnels dans la convection de Rayleigh-Bénard cylindrique*. Thèse Doct Physique. 2005, Université Paris 7/LIMSI.
2. Boronski, P., *Méthode des potentiels poloidal-toroidal appliquée à l'écoulement de Von Karman en cylindre fini*. Thèse Doct Mécanique. 2005, Polytechnique/LIMSI.
3. Laguerre, R., *Approximation des équations de la magnétohydrodynamique par une méthode hybride spectrale-éléments finis nodaux : application à l'effet dynamo*. 2006, Université Paris 7/LIMSI.
4. Nguyen, S., *Dynamique d'une interface en présence d'une singularité de contact solide/fluide*. Thèse Doct Physique Astrophysique. 2005, Université Paris-Sud/LIMSI.
5. Xin, S., *Etudes numériques de la convection naturelle en cavité et des problèmes connexes*, Habilitation à Diriger des Recherches. 2005, Université Paris-Sud/LIMSI.

Revue à comité de lecture

1. Barkley, D. and L.S. Tuckerman, *Computational study of turbulent laminar patterns in Couette flow*. Physical Review Letters, 2005. **94**(1): p. 014502_1-014502_4.

2. Barkley, D. and L.S. Tuckerman, *Mean flow of turbulent-laminar patterns in plane Couette flow*. Journal of Fluid Mechanics, 2007. **576**: p. 109-137.
3. Boronska, K. and L.S. Tuckerman, *Standing and travelling waves in cylindrical Rayleigh-Bénard convection*. Journal of Fluid Mechanics, 2006. **559**: p. 279-298.
4. Boronski, P. and L.S. Tuckerman, *Poloidal-toroidal decomposition in a finite cylinder II : discretization, regularization and validation*. Journal of Computational Physics, 2007. **227**(2): p. 1544-1566.
5. Boronski, P. and L.S. Tuckerman, *Poloidal-toroidal decomposition in a finite cylinder I : influence matrices for the magnetohydrodynamic equations*. Journal of Computational Physics, 2007. **227**(2): p. 1523-1543.
6. Bouzidi, O. and C. Dang Vu-Delcarte, *Adjoint approach of the spatial sensitivity to disturbances of internal flows with free surface*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2006. **50**(8): p. 947-972.
7. Bouzidi, O., C. Dang Vu-Delcarte, and G. Kasperski, *Stability study of the floating zone with respect to the Prandtl number value*. Physics of Fluids, 2007. **19**(11): p. 14p.
8. Bouzidi, O., C. Dang Vu-Delcarte, and G. Kasperski, *Thermocapillary flows stability in floating zone under microgravity*. International Journal of Transport Phenomena, 2007. **9**(2): p. 85-103.
9. Daru, V., M.-C. Duluc, O. Le Maitre, D. Juric, and P. Le Quéré, *Modélisation et simulation numérique du changement de phase liquide-vapeur en cavité*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(1): p. 25-33.
10. Delbende, I. and M. Rossi, *Nonlinear evolution of a swirling jet instability*. Physics of Fluids, 2005. **17**(n°4, 044103).
11. Gemeny, L.E., L. Martin-Witkowski, and J.S. Walker, *Buoyant instability in a laterally heated vertical cylinder*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2007. **50**: p. 1010-1017.
12. Guermond, J.L., R. Laguerre, J. Léorat, and C. Nore, *An interior penalty Galerkin method for the MHD equations in heterogeneous domains*. Journal of Computational Physics, 2007. **221**(1): p. 349-369.
13. Joubert, P., P. Le Quéré, C. Beghein, B. Colligan, S. Couturier, S. Glockner, D. Groleau, P. Lubin, M. Musy, A. Sergent, and S. Vincent, *A numerical exercise for turbulent natural convection and pollutant diffusion in a two-dimensional partially partitioned cavity*. International Journal of Thermal Sciences, 2005. **44**(4): p. 311-322.
14. Knio, O.M. and O. Le Maitre, *Uncertainty propagation in CFD using polynomial chaos decomposition*. Fluid Dynamics Research, 2006. **38**(9): p. 616-640.
15. Labrosse, G., *Boussinesq approximations, and beyond, in a tall thermo-gravitational column*. Comptes Rendus Mécanique, 2007. **335**(9-10): p. 628-637.
16. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond, *Effects of conductivity jumps in the envelope of a kinematic dynamo flow*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(10): p. 593-598.
17. Le Maitre, O., *Polynomial chaos expansion of a Lagrangian model for the flow around an airfoil*. Comptes Rendus de Mécanique, 2006. **334**(11): p. 693-698.
18. Le Maitre, O., *Développement en polynômes de chaos d'un modèle lagrangien d'écoulement autour d'un profil*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(11): p. 693-699.
19. Le Maitre, O. and O.M. Knio, *A stochastic particle-mesh scheme for uncertainty propagation in vortical flows*. Journal of Computational Physics, 2007. **226**(1): p. 645-671.
20. Le Maitre, O., H. Najm, P. Pebay, R. Ghanem, and O.M. Knio, *Multi-resolution-analysis scheme for uncertainty quantification in chemical systems*. SIAM Journal on Scientific Computing, 2007. **29**(2): p. 864-889.
21. Le Quéré, P., C. Weisman, H. Paillère, J. Vierendeels, E. Dick, R. Becker, M. Braack, and J. Locke, *Modelling of natural convection flows with large temperature differences : a Benchmark problem for low mach number solvers. Part 1. Reference solutions*. ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis, 2005. **39**(3): p. 609-616.
22. Leriche, E. and G. Labrosse, *Fundamentals stokes eigenmodes in the square : which expansion is more accurate, Chebyshev or Reid-Harris?* Numerical Algorithms, 2005. **38**(1): p. 111-131.
23. Leriche, E. and G. Labrosse, *Vector potential-vorticity relationship for the Stokes flows - application to Stokes eigenmodes in 2D/3D closed domain*. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2007. **21**(1): p. 1-13.
24. Leriche, E., E. Perchate, G. Labrosse, and M.O. Deville, *Numerical evaluation of the accuracy and stability properties of high-order direct Stokes solvers with or without temporal splitting*. Journal of Scientific Computing, 2006. **26**(1): p. 25-43.
25. Martin-Witkowski, L., I. Delbende, J.S. Walker, and P. Le Quéré, *Axisymmetric stability of the flow between two exactly counter-rotating disks with large aspect ratio*. Journal of Fluid Mechanics, 2006. **546**: p. 193-202.
26. Mathelin, L. and O. Le Maitre, *Dual-based a posteriori error estimate for stochastic finite element methods*. Communications in Applied Mathematics and Computational Science, 2007. **2**: p. 83-115.
27. Millour, E., G. Labrosse, and E. Tric, *Axisymmetric convective states of pure and binary liquids enclosed in a vertical cylinder and boundary conditions' influence thereupon*. Physics of Fluids, 2005. **17**(4-044102).
28. Nore, C., L. Martin-Witkowski, E. Foucault, O. Daube, and P. Le Quéré, *Competition between axisymmetric and three-dimensional patterns between exactly counter-rotating disks*. Physics of Fluids, 2006. **18**(5): p. 054102_1-054102_12.
29. Nore, C., F. Moisy, and L. Quartier, *Experimental observation of near-heteroclinic cycles in the von Karman swirling flow*. Physics of Fluids, 2005. **17**(6-064103).

30. Paillère, H., P. Le Quéré, C. Weisman, J. Vierendeels, E. Dick, M. Braack, F. Dabbene, A. Beccantini, E. Studer, T. Kloczko, and C. Corre, *Modelling of natural convection flows with large temperature differences : a Benchmark problem for low mach number solvers. Part 2. Contributions to the June 2004 Conference*. ESAIM : Mathematical Modelling and Numerical Analysis, 2005. **39**(3): p. 617-621.
31. Pham, C.T., C. Nore, and M.E. Brachet, *boundary layers and emitted excitations in nonlinear Schrödinger superflow past a disk*. Physica D : Nonlinear Phenomena, 2005. **210**(3-4): p. 203-226.
32. Pham, C.T., C. Nore, and M.E. Brachet, *Critical speed for capillary-gravité surface flows in the dispersive shallow water limit*. Physics of Fluids, 2005. **17**(6-062104).
33. Pons, M. and P. Le Quéré, *Modeling natural convection with the work of pressure-forces: a thermodynamic necessity*. International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 2007. **17**(3): p. 322-332.
34. Prud'homme, M. and P. Le Quéré, *Stability of stratified natural convection in a tall vertical annular cavity*. Physics of Fluids, 2007. **19**(9): p. 094106_1-094106_12.
35. Sciamarella, D. and P. Le Quéré, *Solving for unsteady airflow in a glottal model with immersed moving boundaries*. European Journal of Mechanics - B/Fluids, 2007. **Accepted 2007**: p. 12p.
36. Sergent, A., P. Joubert, and P. Le Quéré, *Large eddy simulation of turbulent thermal convection using a mixed scale diffusivity model*. Progress in Computational Fluid Dynamics, An International Journal (PCFD), 2006. **6**(1-2-3): p. 40-49.
37. Sergent, A., S. Xin, P. Joubert, and P. Le Quéré, *Surface radiation effects on turbulent Rayleigh-Bénard convection in a parallelepipedic cavity*. Turbulence, Heat and Mass Transfer, 2006. **5**: p. 1-12.
38. Snyder, M.R., O.M. Knio, J. Katz, and O. Le Maitre, *Statistical analysis of small bubble dynamics in isotropic turbulence*. Physics of Fluids, 2007. **19**(6): p. 065108_1-065108_25.
39. Wang, H., S. Xin, and P. Le Quéré, *Etude numérique du couplage de la convection naturelle avec le rayonnement de surfaces en cavité carrée remplie d'air*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(1): p. 48-57.
40. Xin, S. and P. Le Quéré, *Natural-convection flows in air-filled, differentially heated cavities with adiabatic horizontal walls*. Numerical Heat Transfer - Part A : Applications, 2006. **50**(5): p. 437-466.
41. Xin, S., X. Nicolas, and P. Le Quéré, *Stability analyses of longitudinal rolls of Poiseuille-Rayleigh-Bénard flows in air-filled channels of finite transversal extension*. Numerical Heat Transfer - Part A : Applications, 2006. **50**(5): p. 467-490.

Livres et ouvrages

Chapitres d'ouvrage

1. Barkley, D. and L.S. Tuckerman, *Turbulent-laminar patterns in plane Couette Flow*, in *IUTAM Symposium on laminar turbulent transition and finite amplitude solutions*, T. Mullin and R. Kerswell, Editors. 2005, Springer. p. 107-127.
2. Dang Vu-Delcarte, C., *Normal forms and bifurcations of vector fields*, in *Chaos in automatic control*, W.W. Perruquetti and P. Barbot, Editors. 2005, CRC Press. p. 31.
3. Labrosse, G., *Newtonians Fluids and Thermohydraulics*, in *Encyclopedia of Mathematical physics*, J.P. Françoise, G.L. Naber, and S.T. Tsou, Editors. 2006, Elsevier.
4. Nguyen, S., C. Dang Vu-Delcarte, G. Kasperski, and G. Labrosse, *Problems and recent developments in modelling of free surface flows*, in *Surface Tension-driven Flows and Applications*, R. Savino, Editor. 2006, Research Signpost

Conférences à comité de lecture

1. Barkley, D. and L.S. Tuckerman. *Turbulent-laminar banded patterns in plane Couette flow : intermittent spectra and laminar balance*. in *Tl2006. Turbulence et Interactions 2006*. 2006.
2. Boronski, P. and L.S. Tuckerman. *Magnetohydrodynamics in a finite cylinder : poloidal-toroidal decomposition*. in *ECCOMAS CFD 2006. European Conference on Computational Fluid Dynamics*. 2006.
3. Bouizi, O., C. Dang Vu-Delcarte, and G. Kasperski. *Thermocapillary flows stability in floating zone under microgravity*. in *ISTP 16. The Sixteenth International Symposium on Transport Phenomena*. 2005.
4. Bouterra, M., A. El Cafsi, A. Belghith, and P. Le Quéré. *Etude numérique de la dispersion d'un polluant autour d'un obstacle soumis à un écoulement turbulent perturbé*. in *STF 2007 Congrès Français de Thermique "Thermique et Société"*. 2007.
5. Daru, V., M.-C. Duluc, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Numerical simulations of liquid vapour phase change problem in a closed cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
6. De Gassowski, G., O. Daube, S. Xin, and Y. Fraigneau. *Bifurcations and multiple solutions in an air-filled differentially heated cubic cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
7. Delbende, I. and M. Rossi. *Reconnection of vortices without or with axial flow*. in *EFMC 6 - Euromech Fluid Mechanics Conference 6*. 2006.
8. Duluc, M.-C., V. Daru, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Déplacement d'interface liquide - gaz sous l'effet d'un chauffage*. in *SFT 2007 Congrès Français de Thermique "Thermique et Société"*. 2007.
9. Fraigneau, Y. and P. Le Quéré. *Congrès Français de Thermique 2006*. 2006.

10. Fraigneau, Y., P. Le Quéré, M. Bouafia, and O. Daube. *Non Boussinesq convection around a square cylinder within a rectangular cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
11. Guermond, J.L., R. Laguerre, J. Léorat, and C. Nore. *A finite element interior penalty method for MHD in heterogeneous domains*. in *ECCOMAS CFD 2006. European Conference on Computational Fluid Dynamics*. 2006.
12. Kahouadji, L., L. Martin-Witkowski, and J.S. Walker. *Effet de la rotation sur les instabilités thermocapillaires dans un pont liquide chauffé latéralement*. in *18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
13. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Taylor-Couette dynamo in finite cylinders*. in *15th International Couette-Taylor Workshop*. 2007.
14. Nicolas, X., A. Benzaoui, and S. Xin. *Proposal of a means to make the vapor depositions more uniform in a cold wall rectangular CVD reactor at atmospheric pressure - numerical study*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
15. Nicolas, X., S. Xin, and A. Benjaoui. *Computation of incompressible tridimensional mixed convection flows in long aspect-ratio channels using an efficient finite-difference methods for vectorial supercomputers*. in *ASME Summer Heat Transfer Conference*. 2005.
16. Pinon, G., I. Delbende, E. Rivoalen, and M. Rossi. *Instabilité secondaire sur un anneau de vorticité*. in *18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
17. Pons, M. and P. Le Quéré. *Influence of the pressure stress work on heat transfer and flow in the differentially heated cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.
18. Rossi, M. and I. Delbende. *Reconnexion de vortex 3D : simulation et modélisation*. in *18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
19. Sciamarella, D. and P. Le Quéré. *Airflow in a channel with vibrating vocal folds*. in *BBVIV5. Fifth Conference on Bluff Body Wakes and Vortex - Induced Vibrations*. 2007.
20. Sergent, A., P. Joubert, and P. Le Quéré. *Large Eddy simulation of the hard turbulent regime in Rayleigh-Bénard convection*. in *ICCHMT 2005. 4th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer*. 2005.
21. Sergent, A. and P. Le Quéré. *Transition de l'écoulement à grande échelle en convection turbulente de Rayleigh-Bénard dans une cavité rectangulaire*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
22. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Estimation de corrélations dans un écoulement de canal turbulent à l'aide de réseaux de neurones*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique. AFM*. 2005.
23. Weisman, C., D. Barkley, and P. Le Quéré. *Transition to unsteadiness of non-Boussinesq natural convection solutions*. in *ICCHMT 2005. 4th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer*. 2005.
24. Xin, S., M.-C. Duluc, F. Lusseyran, and P. Le Quéré. *Etude numérique et expérimentale de la convection naturelle externe autour d'un fil chauffant*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique. AFM*. 2005.
25. Xin, S., M. Prud'homme, F. Abcha, and P. Le Quéré. *Linear instability, weakly nonlinear and fully nonlinear flow regimes in a differentially heated vertical cartesian or annular slot*. in *15th International Couette-Taylor Workshop*. 2007.
26. Xin, S., J. Salat, P. Joubert, A. Sergent, P. Le Quéré, and F. Penot. *Three-dimensional numerical simulations of turbulent natural convection in an air-filled differentially heated cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.

Congrès sans actes, workshops

1. Barkley, D. and L.S. Tuckerman. *Turbulence à très bas Re et poussées turbulentes périodiques dans l'écoulement de Couette plan*. in *8e Rencontre du non linéaire*. 2005.
2. Delbende, I. and M. Rossi. *Reconnexion de vortex contrarotatifs : effet du nombre de Reynolds*. in *8e Rencontre du Non-Linéaire*. 2005.
3. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Approximation of the magneto-hydrodynamic equations with a new spectral-FEM method*. in *DFD05. The 2005 APS Division of Fluid Dynamics 58th Annual Meeting*. 2005.
4. Laguerre, R., C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Approximation des équations 3D de la magnétohydrodynamique par une méthode spectrale-éléments finis nodaux*. in *RNL 2006. Rencontre du Non-Linéaire*. 2006.
5. Laguerre, R., A. Ribeiro, C. Nore, J. Léorat, and J.L. Guermond. *Dynamo Taylor-Couette en géométrie finie*. in *10ème Rencontre du Non-Linéaire*. 2007.
6. Martin-Witkowski, L., L. Bordja, M.C. Navarro, P. Le Quéré, and L.S. Tuckerman. *Convection Rayleigh-Bénard en cavité cylindrique avec contra-rotation exacte des disques isothermes*. in *18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
7. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *Robust optimal control of fluid flow*. in *6th SIAM Conference on control and its applications*. 2005.
8. Mathelin, L. and O. Le Maitre. *Dual-based error analysis for uncertainty quantification in a chemical system*. in *ICIAM'07*. 2007.
9. Nguyen, S., C. Dang Vu-Delcarte, and G. Kasperski. *Vorticity singularity in confined thermocapillary flows : a contact angle problem with fixed triple line*. in *Wetting : theory and experiments*. 2005.

10. Nore, C., O. Daube, F. Moisy, L. Quartier, M. Tartar, L.S. Tuckerman, and S. Xin. *Instabilités tridimensionnelles de l'écoulement de von Karman entre disques contra-rotatifs*. in *8e Rencontre du non linéaire*. 2005.
11. Nore, C., F. Moisy, and L. Quartier. *Observation of near-heteroclinic cycles in the von Karman flow*. in *DFD05. The 2005 APS Division of Fluid Dynamics 58th Annual Meeting*. 2005.
12. Pons, M. and P. Le Quéré. *L'influence de l'effet "travail des forces de pression" sur la convection naturelle dans l'habitat*. in *IBPSA - France 2006. International Building Performance Simulation Association Conference*. 2006.
13. Barkley, D. and L.S. Tuckerman. *Can your turbulence theory explain this pattern?* in *Nonlinearities : from turbulence to magic*. 2006.
14. Boronski, P. and L.S. Tuckerman. *Magnetohydrodynamics in a finite cylinder*. in *6ème Conférence Internationale AIMS*. 2006.
15. Bouizi, O. and C. Dang Vu-Delcarte. *Response to perturbations in thermocapillary convection flows*. in *3rd International Marangoni Association*. 2006.
16. Dang Vu-Delcarte, C., O. Bouizi, and G. Kasperski. *Analysis of thermocapillary flows in the full-zone with high precision tools*. in *Topical Team Meeting on Microgravity Research*. 2006.
17. Dang Vu-Delcarte, C., G. Kasperski, and O. Bouizi. *Floating zone thermocapillary convection, stability and unsteadiness*. in *Fluid Mechanics Meeting at the University of Florida's Paris Research Centre*. 2007.
18. Delbende, I. and M. Rossi. *Interaction between antiparallel vortices with or without swirl*. in *2nd European SCAT Workshop*. 2006.
19. Delbende, I. and M. Rossi. *A simple model for vortex reconnection*. in *3rd European SCAT Workshop & Summer School (Vortices and vortex sheets : theories, numerics and applications)*. 2007.
20. Labrosse, G. *From the dynamics of the stokes eigenmodes in a square/cube Towards new questions about fluid dynamics*. in *Fluid Mechanics Meeting at the University of Florida's Paris Research Centre*. 2007.
21. Labrosse, G., A. Redondo, and G. Kasperski. *Spectrally accurate solutions of elliptic problems in non-orthogonal geometry*. in *Topical Team Meeting on Microgravity Research*. 2006.
22. Labrosse, G., A. Redondo, and G. Kasperski. *Lid-driven cavity deformations and flows stability*. in *3rd International Marangoni Association*. 2006.
23. Martin-Witkowski, L., L. Kahouadji, and J.S. Walker. *Thermocapillary instabilities with crystal and feed rod rotation in laterally heated liquid bridge*. in *59th Annual Meeting of the APS-DFD*. 2006.
24. Martin-Witkowski, L., L. Kahouadji, and J.S. Walker. *Thermocapillary instabilities with crystal and feed rod rotation in laterally heated liquid bridge*. in *3th International Marangoni Association Congress*. 2006.
25. Tuckerman, L.S. *Turbulent-laminar patterns in plane Couette flow*. in *Conceptual Aspects of Hydrodynamic Stability*. 2006.
26. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Flow estimation using neural network*. in *TSFP-4. Fourth International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena 2005*. 2005.
27. Vo Dinh, L., B. Podvin, and P. Le Quéré. *Mise en oeuvre de réseaux de neurones dans une stratégie de réduction de la traînée à la paroi*. in *13ème Colloque "Jeunes Chercheurs" Alain Bouyssy. Faculté des Sciences d'Orsay*. 2005.
28. Tuckerman, L.S., *Motifs de bandes turbulentes dans l'écoulement de Couette plan*, in *Rencontre GDR "Structure de la turbulence et mélange"*. 2005.
29. Weisman, C., P. Le Quéré, and D. Barkley, *Transition vers l'instationnaire en convection naturelle non-Boussinesq*, in *17ème séminaire "Mécanique des fluides numériques"*. 2005.
30. Weisman, C., P. Le Quéré, and D. Barkley, *Transition vers l'instationnaire en convection naturelle non-Boussinesq*, in *Séminaire "la mécanique des fluides numérique"*. CEA-GAMNI. 2005. p. 2.

MICHEL PONS

Introduction

Au LIMSI, les Transferts Solide-Fluide (TSF) se déclinent autour de l'ébullition, de la thermodynamique, de l'hélium superfluide, des fluides oscillants et des milieux poreux adsorbants. Les activités de TSF, très diverses, traversent un certain nombre de frontières.

Expérimental *versus* numérique. Le groupe TSF entretient un effort expérimental soutenu pour l'ébullition sur fil, la résistance de Kapitza, les écoulements oscillants, et les cinétiques d'adsorption. Les techniques mises en œuvre vont de la vélocimétrie par fil chaud à la mesure de températures cryogéniques en passant par la réponse thermique en fréquence. Le groupe développe aussi de plus en plus de simulations numériques. Ces dernières portent surtout sur la dynamique de l'ébullition libre mais aussi la convection naturelle et les écoulements dans les poreux. Lorsqu'elle est possible, la complémentarité expérimental – numérique, par exemple pour la convection naturelle autour d'un fil chauffant, permet des avancées sur des points sensibles, ici la spécification des conditions aux limites d'un domaine de calcul ouvert.

Fondamental *versus* appliqué. Chacune des problématiques du groupe présente des points durs théoriques que nous abordons. Cela nécessite par exemple de décrire des interfaces et leur dynamique, ou bien de décrire les interactions entre échelles micro et macro. Parallèlement, certaines des compétences du groupe (sur la cinétique d'adsorption ou sur les systèmes thermodynamiques) sont reconnues par divers partenaires, académiques ou industriels, et contribuent à des projets de recherche ou font l'objet de contrats.

Le groupe TSF rassemble actuellement deux chercheurs, quatre maîtres de conférence (UPMC, Université Paris-Sud 11 et CNAM), un ingénieur de recherche (partagé à mi-temps avec la Cellule Expérimentale du Département Mécanique-Énergétique), une assistante ingénieure et un doctorant. Mentionnons aussi une thèse dirigée en co-tutelle avec le LIMHP (Villetaneuse) et soutenue en novembre 2006.

Le spectre des collaborations de recherche entretenues par le groupe TSF reflète bien celui de ses activités. Ces collaborations impliquent surtout des partenaires français, avec toutefois quelques percées vers l'international et vers l'industrie.

Présentation de la recherche

Thème Dynamique de l'ébullition libre

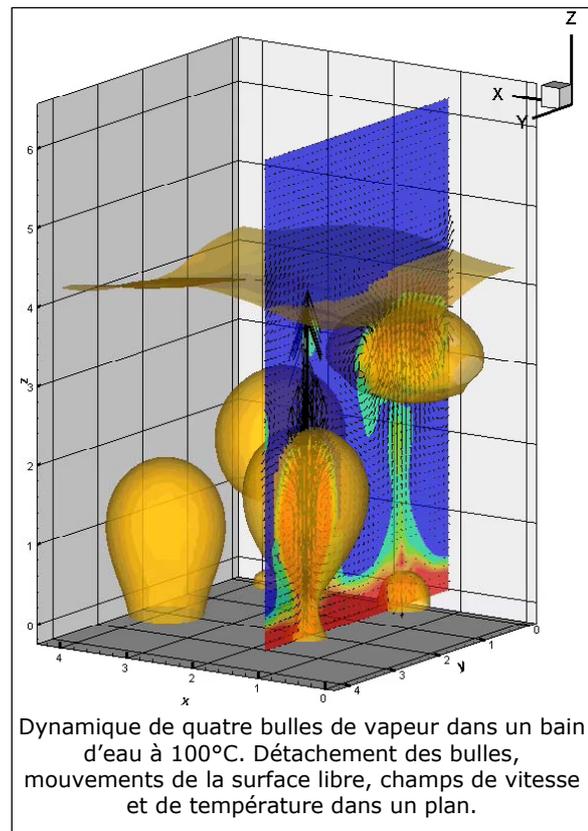
M.-C. Duluc, D. Juric, V. Daru, I. Elayyadi, P. Le Quéré

Historiquement, ce thème était principalement expérimental. Depuis quatre ans l'effort a porté sur le développement d'un modèle numérique de croissance de bulles de vapeur. Les mesures ont aussi continué dans le second axe du thème.

Le premier axe, l'étude de la **croissance des bulles de vapeur**, est un sujet très actif comme le montre le nombre de laboratoires émergeant à ce thème dans le GdR AMETH³. Depuis quelques années, le groupe concentre ses efforts sur le développement de modèles et de simulations numériques. Les difficultés sont de plusieurs ordres. Premièrement, le suivi de l'interface, qui représente un vrai problème en soi. La méthode que nous développons est celle du *front tracking plus level contour reconstruction*. Elle permet un suivi fin de l'interface, même très déformable et soumise à ruptures et/ou coalescences. Nous pouvons l'appliquer au cas réel d'ébullition nucléée de l'eau où le rapport des densités (fixes) des phases liquide et vapeur est de 1600, en traitant simultanément la zone de contact triple solide-liquide-vapeur, l'angle de contact, la microcouche à l'interface solide-vapeur et la tension superficielle de l'interface liquide-vapeur. Les

³ AMETH = Analyse et Maîtrise des Écoulements et Échanges Thermiques

simulations sont faites en 3D, voir la [page de présentation](#)⁴ et les publications (Shin and Juric 2007, Juric et al. *ICMF 2007*). La limitation rencontrée pour l'instant porte sur la taille du volume simulé. Deuxièmement, les variations de densité. La coexistence des phases liquide et vapeur dans un domaine fermé soumis à chauffage induit des variations de la pression de vapeur et donc de la densité de la phase vapeur. L'originalité de notre approche, et sa difficulté numérique, résident dans le traitement simultané d'un domaine où le fluide est incompressible (la phase liquide) coexistant avec un domaine où le fluide est compressible (la phase vapeur). Pour prendre en compte la corrélation entre pression et température à l'interface, et ainsi décrire des situations avec ébullition en cavité fermée, la pression thermodynamique doit être une variable accessible. En 2005, nous disposions d'un code 1D intégrant le changement de phase et ce code avait été validé, ce qui a donné lieu à diverses publications (Daru *et al.* 2006, *ICCHMT 2005*, *CFM 2005*, *IHTC 2006*). L'analyse de ces cas a permis de mettre en évidence les constantes de temps pertinentes en géométrie plane comme en géométrie sphérique. Ce même code 1D a permis de simuler le déplacement d'une lame liquide entre deux volumes gazeux soumis à des flux de chaleur variables. Cette étude (Duluc *et al.* *SFT 2007*) montre qu'il est possible de contrôler le déplacement d'une lame liquide par des flux de chaleur et réaliser ainsi un micro-oscillateur. Elle a aussi montré que l'algorithme actuel ne permet pas de conserver exactement la masse. Ceci justifie donc les travaux sur le front tracking et sur la résolution de l'équation de Poisson. Ce travail sur le code 1D offre deux extensions toutes deux envisagées au LIMSI. La première est l'extension de ce code en 2D axisymétrique, et au-delà en 3D. Ceci est le cœur du travail de thèse d'I. Elayyadi (*ED Physique Macroscopique Paris 7*). Il s'agit de rejoindre, compléter et intégrer le travail sur le front tracking, mais avec des schémas numériques qui permettent de traiter des volumes réalistes. Différentes « briques » de l'assemblage sont opérationnelles, par exemple le traitement de la tension superficielle, d'autres restent à mettre en place, en particulier un schéma numérique robuste face à des grands rapports de densité des deux phases. Ce travail est en cours, voir la [page de présentation](#)⁵. La seconde extension souhaite explorer les écoulements diphasiques dans des conduits micrométriques, avec ou sans changement de phase. Il s'agit là soit de savoir simuler des mélanges diphasiques soit de savoir dessiner des actuateurs utilisant les changements de phase.



On voit que ce thème, qui profite aussi des apports précieux de V. Daru, MCF ENSAM effectuant sa recherche au LIMSI groupe *Aérodynamique Instationnaire*, atteint une masse critique qui permet d'envisager des collaborations, par exemple avec D. Jamet (CEA Grenoble) ou V. Nikolayev (ESPCI). Nous devons aussi travailler sur la complémentarité expérimental-numérique soit sur la croissance de bulles soit sur les micro-actuateurs.

Le second axe développe une étude expérimentale de **l'ébullition transitoire sur fil** et ce depuis plusieurs années (*cf.* le rapport scientifique [2003](#)⁶). Nous nous intéressons aux conditions de transition prématurée vers l'ébullition en film, cette transition prématurée étant préjudiciable au bon fonctionnement des évaporateurs. En 2005 nous avons montré l'influence de l'état de surface du fil via la valeur de l'angle de contact entre l'interface liquide-vapeur et la surface solide. Depuis, une campagne expérimentale menée dans l'azote liquide a permis de corrélérer l'intensité de l'échelon imposé au régime d'ébullition observé. Au-delà d'une certaine valeur du flux, la nucléation se déclenche simultanément sur toute la longueur du fil, avec les risques de coalescence qui en découlent. Nous avons ainsi pu établir les échelles de temps des

⁴ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_Interface_tracking

⁵ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_liquid-gas_flows

⁶ Lien hypertexte : <http://www.limsi.fr/RS2003FF/MECA2003/TSF2003/TSF6/TSF6.html>

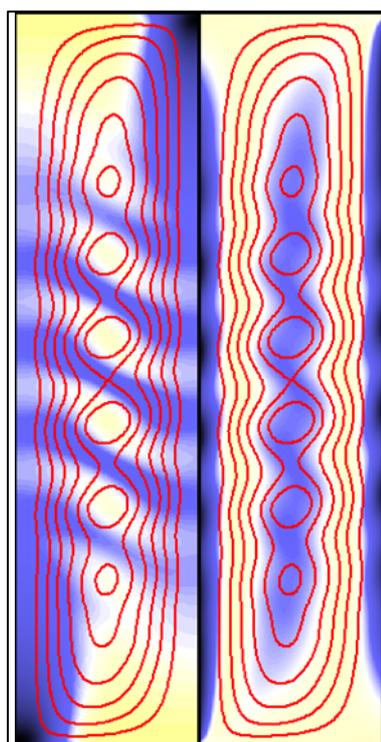
différents phénomènes en jeu, voir la [page de présentation](#)⁷. Ce travail, en collaboration avec le CETHIL au sein du GdR AMETH paraîtra prochainement (Duluc et al. *accepté IJHMT 2008*⁸).

Grâce au montage expérimental développé pour l'étude de l'ébullition sur fil, M.-C. Duluc contribue aux travaux sur la **convection naturelle autour d'un fil chauffant** menés en collaboration avec F. Lusseyran (groupe *Aérodynamique Instationnaire*) et S. Xin (groupe *Convection Rotation*, maintenant professeur au CETHIL, INSA Lyon). L'objectif est d'identifier les conditions aux limites à appliquer aux calculs de convection naturelle en domaine ouvert. Nous nous sommes concentré cette année sur les lois d'échelles de temps. Les lois connues théoriquement et calculées numériquement ont bien été vérifiées expérimentalement. Nous sommes donc en mesure de prédire correctement les structures principales de l'écoulement, avec cependant quelques limitations. Il est maintenant clairement identifié que ces limitations portent sur le calcul de la vitesse et pas sur celui de la température, cf. la [Page de présentation](#)⁹. La première phase a été publiée (Xin, Duluc et al. *CFM 2005*) et un article de revue vient d'être soumis à *Int. J. Heat Fluid Flow*.

Thème Thermodynamique des systèmes

M. Pons

L'axe premier de ce thème est l'**analyse second principe de la convection naturelle** en cavité, en particulier en présence d'une transition. La cohérence thermodynamique impose de tenir compte du travail des forces de pression : c'est le modèle *Boussinesq* dit *thermodynamique*. Une étude systématique sur la cavité carrée 2D emplies d'air a permis de réactualiser le domaine de validité du modèle *Boussinesq usuel* et a montré que des configurations courantes dans l'habitat (2,5 m de haut et 0,6 K entre les deux murs verticaux) requièrent le modèle *thermodynamique* pour être simulées correctement, voir les pages des rapports d'activité [2003](#)¹⁰ et [2005](#)¹¹, et les publications (Pons & Le Quéré 2005a et b, 2007, *ICCHMT 2005*). Cette nécessité est malheureusement presque toujours négligée dans les calculs de convection naturelle ou mixte réalisés pour l'habitat. Par ailleurs, une attention toute particulière a été apportée à la transition à l'instationnarité pour cette même configuration école. Il est notable qu'aucune grandeur thermodynamique, y compris les irréversibilités, ne présente de discontinuité à la transition. En revanche, il semblerait que l'on puisse corrélérer, du moins qualitativement, les topologies respectives des fluctuations et des irréversibilités. Les fluctuations sont les plus importantes dans les régions où l'irréversibilité est très faible. Serait-on alors proche de la réversibilité locale ? De plus, et là encore, l'effet de la taille de la cavité, via le travail des forces de pression, a été mis en évidence. Ces analyses ont fait l'objet de publication (Pons & Le Quéré *SFT 2006* et *IHTC 2006*). Pour les poursuivre, il faudrait faire des bilans thermodynamiques sur des trajectoires fluides. En 2006-2007, l'effort a porté sur la transition entre écoulement monocellulaire et écoulement multi-cellulaire dans les cavités à grand rapport de forme (ici 20) emplies d'air. Cette transition présente l'avantage d'exister entre états stationnaires. De nouveau, on a montré que dans une cavité de 2 mètres de haut, le Nusselt est clairement plus fort que dans une cavité de 80 cm de haut, et que la transition y est nettement retardée. De plus, les effets thermodynamiques de l'apparition des cellules de recirculation corotatives au centre de la cavité ont été analysés, donnant une explication thermodynamique de l'existence d'un seuil, voir la [page de présentation](#)¹², et les publications (Pons *SFT 2007* et *JETC-IX 2007*). La principale avancée tangible de ces travaux reste la nécessité d'utiliser le modèle *Boussinesq thermodynamique* pour simuler les grands



Lignes de courant dans les champs d'irréversibilité conductive (gauche) et visqueuse (droite). Cas du rapport de forme 20, $Ra_L = 7000$.

⁷ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_boiling_crisis

⁸ M.-C. Duluc, B. Stutz & M. Lallemand, Boiling incipience in liquid nitrogen induced by a step change in heat flux, *accepté in Int. J. Heat Mass Transfer*, sera publié probablement en 2008.

⁹ http://rs2007.limsi.fr/index.php/CORO:Page_11

¹⁰ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2003FF/MECA2003/TSF2003/TSF2/tsf2.html

¹¹ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2005/meca/tsf/tsf2/

volumes, en particulier pour l'habitat. Ces travaux contribuent à l'axe *Convection naturelle Hors-Boussinesq* de la Fédération de recherche Transferts de Masse et de Chaleur.

Ce deuxième axe du thème s'intéresse aussi à la thermodynamique de divers systèmes, principalement par leur analyse second principe. Notre collaboration avec le LESBAT (Yverdon-les-Bains, Suisse) sur la réfrigération solaire a rencontré en 2007 un développement tout à fait en phase avec les préoccupations très actuelles sur l'énergie et le réchauffement climatique. Une PME française (Solaref) tente de commercialiser cette technologie de réfrigérateurs solaires. Sur son site web (www.solaref.com), elle mentionne explicitement le LIMSI comme étant à l'origine de cette technologie. La collaboration avec le LESBAT se poursuit, avec l'étude de systèmes à adsorption pour la climatisation solaire. Une nouvelle convention de collaboration est à l'étude. La climatisation solaire, préoccupation tout à fait d'actualité, est aussi le thème central du projet *ORASOL*. Ce projet, financé par l'ANR-PREBAT de 2007 à 2010, veut comparer plusieurs solutions de climatisation solaire. Les tests en vraie grandeur sont ou seront effectués dans divers laboratoires, et c'est le LIMSI qui est chargé de mettre en place le protocole de comparaison, en termes de premier et de second principes, et *in fine* d'analyser les résultats expérimentaux. La réflexion a commencé par définir des critères qui s'appliquent équitablement à tous les systèmes thermodynamiques, cycles ouverts comme cycles fermés. Ensuite ont été abordées les questions de l'entropie du rayonnement solaire (et donc de son exergie) et de la température extérieure variable (quelle est l'exergie de l'air extérieur lorsque sa température varie ?). C'est aussi cette réflexion qui est à la base de la collaboration avec le LEPTAB (La Rochelle, Convention No 020990 du 9 août 2007) sur l'analyse second principe de l'installation de climatisation solaire par roue dessiccante en test au LEPTAB depuis l'été 2007.

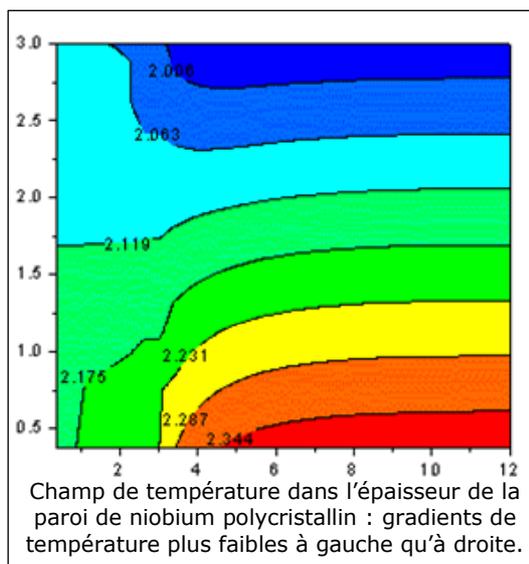
L'ensemble de cette réflexion est partagé et confronté au sein des séminaires et écoles thématiques du PRI CARNOT.

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

J. Amrit

Le premier axe de ce thème porte sur le couplage thermique entre la surface d'un cristal et l'hélium superfluide (en dessous de 2,17 K). Ce couplage se traduit par une résistance au transfert de chaleur à l'interface, appelée la résistance de Kapitza. Grâce aux propriétés du superfluide, il est possible d'avoir accès expérimentalement aux mécanismes de transferts à petite échelle. Afin de mettre en évidence le rôle de la diffusion des phonons sur les rugosités nanométriques de l'interface, une expérimentation a été mise au point et réalisée en collaboration avec l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (IPNO groupe de J.-P. Thormeau). Cette expérimentation, inédite en elle-même et utilisant une méthode originale de contrôle de la température de l'interface entre le silicium et le bain d'hélium superfluide refroidi par une boucle à hélium 3, a permis de mesurer sur un même banc cette résistance sur une gamme de température allant de 2 jusqu'à 0,3 Kelvin, ce qui est une première mondiale. Ces mesures permettront d'étudier l'interaction entre les phonons, dont la longueur d'onde varie avec la température, et les rugosités de l'interface, dont la taille caractéristique à une échelle donnée est évidemment fixe. Voir la [page de présentation](#)¹³ et l'article (Amrit 2005). Mentionnons aussi que les apports de F. Chatelet (IPNO) et Qiang Li (post-doc chinois pendant un an) à cette opération ont été précieux.

Le second axe concerne les cavités supraconductrices des accélérateurs de particules et en particulier leur conductivité thermique transverse. En effet, ces parois fines en polycristal de niobium présentent, en plus de l'anisotropie étudiée précédemment, voir la page de présentation [2005](#)¹⁴ et l'article (Amrit 2006), une hétérogénéité de conductivité effective qui se traduit par des points chauds autour des soudures entre éléments.



¹² Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_multicellular_convection

¹³ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_silicium_superfluid_helium

¹⁴ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2005/meca/tsf/tsf3/tsf3.pdf

Là encore, les observations s'expliquent par la résistance Kapitza localisée aux joints de grains. Les transferts de chaleur dans un matériau hétérogène en terme de densité de joints de grains ont été modélisés, cf. l'article (Amrit & Li, *CEC-ICMC* 2007). De tels résultats sont importants pour dimensionner au mieux les cavités supraconductrices des accélérateurs de particules, ce qui intéresse beaucoup le CEA avec lequel nous collaborons sur ce sujet depuis dix ans.

Ces études soulèvent la question fondamentale de la compréhension et la maîtrise des mécanismes de transfert de chaleur à l'échelle nanométrique. En effet, la diffusion des phonons sur les rugosités de l'interface qui est la cause de la résistance Kapitza et que nous étudions à température cryogénique sur des échantillons de taille millimétrique, intervient pareillement aux températures ambiantes dès que les dimensions caractéristiques descendent dans les échelles nanométriques. C'est pourquoi ces travaux trouvent complètement leur place dans l'axe *Nanothermique* de la Fédération de recherche *Transferts de Masse et de Chaleur*.

Thème Transferts en fluide oscillant

F. Jebali-Jerbi

Dans la très vaste problématique des écoulements oscillants (leur thermique, les cycles Stirling ou thermoacoustiques), notre action se focalise sur l'établissement d'une métrologie sûre et simple de la puissance acoustique et de la vitesse instantanée dans un écoulement alternatif. La difficulté est que la vitesse du fluide par définition oscille autour d'une valeur nulle ou quasi-nulle. Il en résulte, d'une part que le signal d'un fil chaud est très bruité, d'autre part que la calibration d'un fil chaud doit correspondre à ces conditions très spécifiques d'utilisation. Il est donc important de savoir déterminer correctement la vitesse du fluide, son amplitude et sa phase, non seulement pour la connaissance que cette mesure apporte sur la dynamique du fluide mais aussi pour la possibilité offerte de coupler cette mesure avec une mesure de pression acoustique. On peut alors déduire précisément la puissance acoustique mise en jeu, et avoir ainsi accès à l'énergétique du système, même lorsque le taux d'ondes stationnaires est important.

Nous avons donc réalisé un tube résonnant mu par un haut-parleur électrodynamique. La présence d'un stack, monté en 2006, permet d'étudier la transformation thermoacoustique de l'écoulement oscillant provoqué par le haut-parleur. Les expériences réalisées en 2007 montrent un très bon accord entre mesures et calculs acoustiques, en particulier sur le déphasage entre capteurs de pression, voir la [page de présentation](#)¹⁵. Cet accord sur la phase, premièrement représente une nette amélioration par rapport aux expérimentations précédentes, deuxièmement donne accès à la puissance acoustique de l'écoulement. La réflexion sur l'anémométrie fil chaud, la calibration des fils chauds en amplitude ET en phase, se poursuit et les expériences devraient être réalisées en 2008. Ces travaux se font en interaction avec P. Lotton (LAUM).

Thème Transferts en milieux poreux adsorbants

M. Firdaouss, V. Bourdin, D. Bisch, M. Pons

Chacun des deux axes de ce thème aborde un problème fondamental avec des retombées applicatives.

Le premier axe concerne les mesures de cinétique d'adsorption. Ces mesures sont réalisées grâce à la technique de réponse thermique en fréquence, une méthode macroscopique qui est la spécialité du groupe TSF (voir les pages de présentation des rapports [2002](#)¹⁶, [1999](#)¹⁷, [1996](#)¹⁸). Les systèmes silicalite+alcane sont l'objet d'investigations intenses. En effet, l'industrie pétrolière a besoin de ces données cinétiques afin d'améliorer ses procédés de séparation, en particulier des isomères. Cette question est aussi l'enjeu d'un débat académique entre, d'un côté l'approche microscopique (mesures par QENS, PFG-NMR et la dynamique moléculaire) et de l'autre l'approche macroscopique. Habituellement ces deux approches divergent de deux à trois ordres de grandeur dans leurs évaluations des cinétiques d'adsorption. Est-ce dû à un artefact expérimental ou bien à un phénomène fondamental n'agissant qu'à l'échelle macroscopique ? Nos mesures, réalisées avec une méthode macroscopique, sont cohérentes avec celles obtenues par les méthodes microscopiques. Nous pensons, dans le dépouillement de nos données brutes, mieux tenir compte des

¹⁵ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_oscillating_fluid

¹⁶ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2002FF/MECA2002FF/TSF2002FF/tsf1.html

¹⁷ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS99FF/MECA99FF/ADS99FF/ads3/

¹⁸ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS96FF/ME/ADS/ADS1.html

couplages entres transferts de masse et de chaleur que cela n'est fait dans l'interprétation des autres mesures macroscopiques. Depuis 2005, nous avons étendu les mesures obtenues avec les isomères isobutane et n-butane, cf. la page de présentation [2005](#)¹⁹ et l'article (Bourdin et al. *Diffusion Fundamentals Conf.* 2005) aux pentane, hexane, heptane et octane. Après avoir exploré des températures allant de -15 à 90°C, des taux de remplissage compris entre 30 et 90% et des pressions allant de 10 à 1000 Pa, nous obtenons toujours un accord remarquable avec les méthodes microscopiques, voir la [page de présentation](#)²⁰. L'International Research Group *Diffusion in Zeolites* est particulièrement intéressé par ces résultats.

L'expertise de V. Bourdin dans le domaine de l'adsorption est aussi régulièrement sollicitée par le Service d'Aéronomie de Paris 6 (IPSL Paris) pour dimensionner des dispositifs adsorbants destinés à piéger des molécules, soit dans l'espace, soit au sol. V. Bourdin est ainsi intervenu sur l'expérience SAMU (Spectromètre de masse Aéroporté Multi-espèce) de l'équipe Physico-Chimie de la Troposphère et sur l'expérience PHOEBOS.

Le second axe de ce thème concerne le stockage d'hydrogène dans un réservoir rempli de matériaux adsorbants (charbons actifs, nanotubes de carbone). Ce sujet, aussi en phase avec les préoccupations actuelles sur l'énergie, était celui d'un Programme de Recherche (PR) de l'Action Concertée Énergie constitué autour du LIMHP, le laboratoire français qui teste cette technique. Afin d'interpréter leurs mesures, et aussi d'être en mesure de dimensionner d'éventuels réservoirs d'hydrogène, le LIMHP a développé un code numérique pour simuler la phase de remplissage du réservoir, de loin la plus critique. Nous avons pu tester à l'aide de nos codes MFN détaillés la validité de certaines hypothèses simplificatrices du code global développé au LIMHP, en particulier l'absence d'influence, soit des conditions en amont du lit, soit du régime transitoire, sur l'hydrodynamique du gaz à l'intérieur du lit poreux adsorbant. Pour ce faire, nous avons développé et fait tourner des modèles numériques axisymétriques, voir la page de présentation [2005](#)²¹ et l'article (Momen et al. *IHEC* 2005). Depuis 2005, nous avons consolidé nos résultats numériques et avons aussi étudié l'influence de la forme du volume libre à l'entrée du réservoir, voir la [page de présentation](#)²². Le PR a pris fin en 2005. La poursuite de telles recherches dépend en fait complètement de la capacité d'adsorption des matériaux carbonés à venir, celle des matériaux actuels étant très insuffisante pour développer des réservoirs à hydrogène.

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Jairaj	Amrit	Ens-Ch	MC	Paris XI
Danièle	Bisch	ITA	AI	CNRS
Vincent	Bourdin	ITA	IR2	CNRS
Marie-Christine	Duluc	Ens-Ch	MC	CNAM
Mouaouia	Firdaouss	Ens-Ch	MC	Paris VI
Fathi	Jebali Jerbi	Ens-Ch	MC	Paris VI
Damir	Juric	Ch	CR1	CNRS
Michel	Pons	Ch	CR1	CNRS

Doctorant

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Isam	Elayyadi	Physique Macroscopique	Paris VII

¹⁹ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2005/meca/tsf/tsf5/

²⁰ Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_butane_isobutane_silicalite

²¹ Lien hypertexte : www.limsi.fr/RS2005/meca/tsf/tsf6/

²² Lien hypertexte : http://rs2007.limsi.fr/index.php/TSF:_gas_storage

Personnel non permanent

Prénom	Nom	Statut
Qiang	Li	Professeur invité

Participation à des instances

- Participations aux *Commissions de Spécialistes* de différentes universités : Marne-la-Vallée sections 30-33 et 62 (M.-C. Duluc, M. Pons), UPMC Section 60 (M. Pons), UPMC Section 62 (M.-C. Duluc), Paris-Sud 11 Section 62 (J. Amrit, vice-président B jusqu'en 2006).

Enseignement et diffusion des connaissances

- M. Firdaouss assure le cours *Bases en méthodes numériques* dans le M2 *Mécanique-Énergétique* de l'UPMC, pour les deux parcours *Recherche* et *Professionnel*.
- 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 11 à l'attention des étudiants des parcours *Rayonnement et énergie*, *Énergie et environnement*, et *Modélisation en mécanique des fluides*.

Organisation de colloques

- Organisation par M. Pons du deuxième séminaire CARNOT tenu du 26 au 28 janvier 2005 à la Délégation Fontainebleau de l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris. Environ 25 participants (PROMES, LEMTA, CETHIL, LaTEP, LSGC, LOCIE, École Mines de Paris, LAIL, PHASE, LMP), 15 exposés.
- M. Pons participe au comité d'organisation de l'école thématique OCET (Optimisation et Contrôle des Écoulements et Transferts). La première édition a eu lieu à Aussois, du 12 au 17 mars 2006. La seconde édition, en préparation, est prévue à Batz sur mer, du 14 au 19 septembre 2008.

Organisation de séminaires

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

Édition de revue

- En 2005, M. Pons a été *Guest Editor* de *Int. J. Thermal Sci.*, pour coordonner le numéro spécial de cette revue dédié à la mémoire de Bernard Spinner (9 articles, Numéro de décembre 2005).

Interventions dans des écoles thématiques et participations à séminaires

- Amrit J., La résistance thermique à l'interface Silicium/superfluide : effets de rugosités de surface, Séminaire GDR *Thermique des Nanosystèmes et Nanomatériaux*, CETHIL-INSA Lyon, 6 juin 2007.
- Bourdin V. et Bisch D., Diffusion of butane and isobutane in silicalite by IR emission frequency response (TFR), Workshop of International Research Group "Diffusion in Zeolites". CNRS, DFG, EPSRC. Leipzig, Germany, April 15, 2005 (2005).
- Bourdin V., Bisch D., Cinétique d'adsorption par réponse en fréquence thermique : une méthode indirecte de mesure de la conductivité effective des adsorbants, Journée SFT La thermique des Matériaux Nanoporeux, le 27 Janvier 2005, Espace Hamelin, Paris²³.
- Bourdin V. et Bisch D., Diffusion of butane and isobutane in silicalite by IR emission frequency response (TFR), Workshop of International Research Group "Diffusion in Zeolites". CNRS, DFG, EPSRC. Leipzig, Germany, April 15, 2005 (2005).
- Bourdin V. et Bisch D., Diffusion of butane and isobutane in silicalite by IR emission frequency response (TFR), Workshop of International Research Group "Diffusion in Zeolites". CNRS, DFG, EPSRC. Leipzig, Germany, April 15, 2005 (2005).
- Daru V., Duluc M.-C., Elayyadi I., Juric D., Le Maître O., & Le Quéré P., Simulation numérique d'écoulements liquide-vapeur faiblement compressibles, Séminaire Fédération TM&C – Convection Hors-Boussinesq, 19 décembre 2006, Évry.
- Firdaouss M. et Pons M., Influence des conditions amont sur l'écoulement dans un lit granulaire, 7èmes Journées d'Étude sur les Milieux Poreux, 26-27 octobre 2005, Bordeaux.
- Juric D., G. Tryggvason and S. Shin, Three-Dimensional Simulation of Vapor Bubble Dynamics in Nucleate Boiling, 58th Annual Meeting American Physical Society (Div. Fluid Dynamics), Chicago USA, November 20-22, 2005.

²³ voir : http://www.sft.asso.fr/DOCUMENTS/journees_SFT/Nanoporeux_27-01-2005/IR_VB.pdf

- Juric D., A Lagrangian/Eulerian Approach to Numerical Modeling in Multiphase Flows, invited seminar Dept. Mech. Engng., Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, February 25, 2005.
- Juric D., Modélisation et simulation d'écoulements multiphasiques, 14^{ème} Colloque Alain Bouyssy, Orsay, 23-24 février 2006.
- Juric D., Three-dimensional simulation of vapor bubble dynamics in nucleate boiling, 18^{ème} Congrès Français de Mécanique CFM'07, Grenoble, 27-31 Août 2007.
- Pons M., Le mur instationnaire : une solution analytique et une approche procédée. Deuxième séminaire CARNOT, ENSMP – Fontainebleau, 26-28 janvier 2005.
- Pons M., Le principe de moindre action. Deuxième séminaire CARNOT, ENSMP – Fontainebleau, 26-28 janvier 2005.
- Pons M., La thermodynamique en temps fini : une obscure clarté, des pistes à explorer. Deuxième séminaire CARNOT, ENSMP – Fontainebleau, 26-28 janvier 2005.
- Pons M., Une approche locale du second principe, Troisième École de Printemps de Thermodynamique (PRI CARNOT Programme Énergie du CNRS), 6-9 juin 2005, Pau.
- Pons M., Thermodynamique, convection naturelle et modèles de Boussinesq. Troisième Séminaire CARNOT (PRI CARNOT Programme Énergie du CNRS), Aussois, 24-26 avril 2006.
- Pons M., Thermodynamique, convection naturelle et modèles de Boussinesq, Premier séminaire Fédération TM&C (Transferts de Masse et de Chaleur) , EM2C Chatenay-Malabry, 7 juin 2006.
- Pons M., Thermodynamique, convection naturelle et modèles de Boussinesq, Séminaire Fédération TM&C – Convection Hors-Boussinesq, 19 décembre 2006, Évry.
- Pons M., Analyse exergétique et sources réelles - Le cas de la climatisation solaire, Quatrième Séminaire CARNOT (GAT *Efficacité Énergétique*, ACI *Énergie – Conception Durable*, CNRS), Aussois, 15-17 octobre 2007.

Collaborations de recherche

Nationales

- Participation de M.-C. Duluc et M. Pons au **GdR AMETH**²⁴, dirigé par E. Arquis, au travers des thèmes Dynamique de l'ébullition libre et Thermodynamique des systèmes. Dans ce cadre, la continuation de la collaboration de M.-C. Duluc avec B. Stutz et M. Lallemand du CETHIL (Villeurbanne) se traduit par la soumission cet été d'un article à Int. J. Heat Mass Transfer.
- Collaboration de M. Pons avec P. Joubert et P. Bourdoukan, **LEPTAB**, 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 à l'axe *Convection naturelle Hors-Boussinesq* de la **Fédération de recherche Transferts de Masse et de Chaleur**, rassemblant EM2C (École Centrale, Chatenay-Malabry), LMEE (Évry), LETEM (Marne-la-Vallée), FAST (Orsay) et LIMSI.
- Participation de M. Pons au **projet ANR-PREBAT ORASOL**, projet piloté par F. Lucas (LPBS, St Pierre de la Réunion) avec l'INES (Chambéry), le LOCIE (Le Bourget du Lac), le PROMES (Perpignan), le LaTEP (Pau), et TECSOL (Perpignan).
- Participation de M. Pons aux **PRI CARNOT 1 et 2** (Communauté d'Analyse et de Recherche sur les Nouvelles Orientations de la Thermodynamique), avec le PROMES (ex-IMP, Perpignan), le LSGC (Nancy), le CETHIL (Villeurbanne), le LEMTA (Nancy), le LaTEP (Pau), le CENERG (École des Mines Paris), le LMTM (CNAM Paris) et LMP (Paris), le LOCIE (Chambéry), le LAIL (Lille) et le PHASE (Toulouse), dans le cadre du programme interdisciplinaire *Énergie* du CNRS.
- Collaboration de J. Amrit avec J.-P. Thermeau, équipe R&D Basses Températures 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/DAPNIA/SACM**, 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 de F. Jebali avec P. Lotton (**LAUM** Le Mans) sur le couplage d'un haut-parleur électrodynamique avec un système thermoacoustique.
- Collaboration informelle de V. Bourdin avec B. Mège, IR au Service d'Aéronomie de Paris 6, IPSL, sur des pièges adsorbants.
- Participation de M. Pons et M. Firdaouss au **PR H2-THERM Modélisation thermique et mécanique du stockage d'hydrogène par adsorption**, financé par l'Action Concertée Énergie du CNRS-MNRT-DGA, avec le LIMHP (Villetaneuse), le LEGI (Grenoble), le LMARC (Besançon), le LEMTA (Nancy) et le PROMES (Perpignan). M. Pons et M. Firdaouss ont participé aux jurys de thèse de Gelareh Momen (en cotutelle LIMSI-LIMHP) et de Guillaume Hermosilla-Lara (novembre 2006 et février 2007).

²⁴ AMETH = Analyse et Maîtrise des Écoulements et Échanges Thermiques

Internationales

- Collaboration de M. Pons avec Ph. Dind, et depuis 2006 avec son successeur S. Citherlet et son équipe (**LESBAT, HEIG-Vd**, Yverdon-les-Bains, Suisse) sur la réfrigération solaire.
- Participation invitée de V. Bourdin à l'**International Research Group Diffusion in Zeolites**, avec S. Brandani (University College, London), J. Caro (Universität Hannover, Allemagne), H. Jobic (IRC Villeurbanne), J. Kärger, R. Staudt (Universität Leipzig, Allemagne), F. Schüth (Max-Planck-Institut, Mülheim an der Ruhr, Allemagne), J. Weitkamp (Universität Stuttgart, Allemagne), et D. M. Ruthven (Maine University, USA) comme consultant invité. Ce groupe est financé par le CNRS (France), la DFG (Allemagne) et le EPSRC (Royaume Uni).

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/01/2001	31/12/2007	DRI Pologne	Autre	CNRS / Académie polonaise des sciences (PAN)	13 900 €	Le Quéré Patrick	Partenariat
17/04/2007	16/04/2009	ORASOL	PREBAT	ANR	45 320 €	Lucas Franck	Collaboration de recherche
09/08/2007	08/08/2010	Irréversibilités dessicantes	Autre	Université La Rochelle	-	Pons Michel	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Amrit, J., *Etude de l'interface hélium superfluide-solide : surfaces des cristaux d'hélium-4, résistance de Kapitza et transferts de chaleur à microéchelle*, Habilitation à Diriger des Recherches. 2005, Université Paris 11/LIMSI.
2. Planchette, A., *Contribution à l'étude des écoulements verticaux d'azote liquide diphasique dans les canaux rectangulaires des vaporisateurs industriels*. 2006, Université Paris 6/LIMSI.

Revue à comité de lecture

1. Amrit, J., *Effect of surface roughness on the anomalous heat conductance at solid/superfluid helium interfaces : a way of quantifying phonon scattering in microstructures*. Journal of Physics D : Applied Physics, 2005. **38**(10): p. 1504-1510.
2. Amrit, J., *Grain boundary Kapitza resistance and grain-arrangement induced anisotropy in the thermal conductivity of polycrystalline niobium at low temperatures*. Journal of Physics D : Applied Physics, 2006. **39**(20): p. 4472-4477.
3. Daru, V., M.-C. Duluc, O. Le Maitre, D. Juric, and P. Le Quéré, *Modélisation et simulation numérique du changement de phase liquide-vapeur en cavité*. Comptes Rendus Mécanique, 2006. **334**(1): p. 25-33.
4. Duluc, M.-C., B. Stutz, and M. Lallemand, *Boiling incipience in liquid nitrogen induced by a step change in heat flux*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2007. **Accepted 2007**: 13p.
5. Pons, M. and P. Le Quéré, *An example of entropy balance in natural convection - Part 1 : the usual Boussinesq equations*. Comptes Rendus Mécanique, 2005. **333**(2): p. 127-132.
6. Pons, M. and P. Le Quéré, *An example of entropy balance in natural convection - Part 2 : the thermodynamic Boussinesq equations*. Comptes Rendus Mécanique, 2005. **333**(2): p. 133-138.
7. Pons, M. and P. Le Quéré, *Modeling natural convection with the work of pressure-forces: a thermodynamic necessity*. International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 2007. **17**(3): p. 322-332.
8. Shin, S., S.I. Abdel-Khalik, V. Daru, and D. Juric, *Accurate representation of surface tension using the level contour reconstruction method*. Journal of Computational Physics, 2005. **203**(2): p. 493-516.
9. Shin, S., S.I. Abdel-Khalik, and D. Juric, *Direct three-dimensional numerical simulation of nucleate boiling using the level contour reconstruction method*. International Journal of Multiphase Flow, 2005. **31**(10-11): p. 1231-1242.
10. Shin, S. and D. Juric, *High order level contour reconstruction method*. Journal of Mechanical Science and Technology, 2007. **21**(2): p. 311-326.

11. Strub, F., J. Castaing-Lasvignottes, M. Strub, M. Pons, and F. Monchoux, *Second law analysis of periodic heat conduction through a wall*. International Journal of Thermal Sciences, 2005. **44**(12): p. 1154-1160.

Livres et ouvrages

Chapitres d'ouvrage

1. Vincent, S., J.P. Caltagirone, and D. Juric, *Test-case No 11b : stratching of a circle in a vortex velocity field (N)*, in *Validation of Advanced Computational Methods for Multiphase Flow*, J.D.L.O. Lemonnier H, Editor. 2005, Begell house. p. 85-89.

Conférences à comité de lecture

1. Amrit, J. and Q. Li. *Simulation of the impact of the Kapitza resistance at grain-grain boundaries on niobium superconducting cavities*. in *CEC-ICMC 2007. 2007 Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference*. 2007.

2. Bourdin, V., S. Brandani, A. Gunadi, H. Jobic, C. Krause, J. Karger, and W. Schmidt. *Diffusion of n-alkanes in MFI-type zeolites : a comparative study with different measuring techniques*. in *Diffusion Fundamentals Conference 2005 : Basic principles of theory, experiment and application*. 2005.

3. Daru, V., M.-C. Duluc, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Numerical simulations of liquid vapour phase change problem in a closed cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.

4. Daru, V., M.-C. Duluc, D. Juric, and P. Le Quéré. *A numerical model for the simulation of liquid-vapor phase change in an enclosure*. in *ICCHMT 2005. 4th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer*. 2005.

5. Daru, V., M.-C. Duluc, O. Le Maitre, D. Juric, and P. Le Quéré. *Simulation numérique d'écoulements liquide vapeur faiblement compressibles*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique.AFM*. 2005.

6. Duluc, M.-C., V. Daru, I. Elayyadi, and P. Le Quéré. *Déplacement d'interface liquide - gaz sous l'effet d'un chauffage*. in *SFT 2007 Congrès Français de Thermique "Thermique et Société"*. 2007.

7. Juric, D., S. Shin, and G. Tryggvason. *Direct numerical simulations of nucleate boiling*. in *ICMF 2007. 6th International Conference on Multiphase Flow*. 2007.

8. Momen, G., G. Hermosilla, A. Michau, M. Pons, M. Firdaouss, B. Leneindre, L. Madec, and K. Hassouni. *Numerical simulation of hydrogen storage under high pressure in porous packed bed*. in *IHEC 2005. International Hydrogen Energy Congress & Exhibition*. 2005.

9. Pons, M. *Bilans thermodynamiques de la transition mono multi-cellulaire dans les cavités à grand rapport de forme*. in *SFT 2007 Congrès Français de Thermique "Thermique et Société"*. 2007.

10. Pons, M. *The transition from single- to multi-cell natural convection of air in cavities with an aspect ratio of 20*. in *JETC IX Joint European Thermodynamics Conference IX*. 2007.

11. Pons, M. and P. Le Quéré. *Modelling natural convection with the piston effect, a thermodynamic necessity*. in *ICCHMT 2005. 4th International Conference on Computational Heat and Mass Transfer*. 2005.

12. Pons, M. and P. Le Quéré. *La convection naturelle, un moteur thermique*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique, AFM*. 2005.

13. Pons, M. and P. Le Quéré. *Influence of the pressure stress work on heat transfer and flow in the differentially heated cavity*. in *IHTC-13. 13th International Heat Transfer Conference*. 2006.

14. Pons, M. and P. Le Quéré. *Flux de chaleur et irréversibilités autour de $Ra=1,8 \times 10^8$ pour deux cavités de tailles différentes*. in *SFT 2006. Congrès Français de Thermique*. 2006.

15. Xin, S., M.-C. Duluc, F. Lusseyran, and P. Le Quéré. *Etude numérique et expérimentale de la convection naturelle externe autour d'un fil chauffant*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique.AFM*. 2005.

Congrès sans actes, workshops

1. Pons, M. and P. Le Quéré. *L'influence de l'effet "travail des forces de pression" sur la convection naturelle dans l'habitat*. in *IBPSA - France 2006. International Building Performance Simulation Association Conference*. 2006.

2. Bisch, D. and V. Bourdin. *Diffusion of butane and isobutane in silicalite by IR emission frequency response (TFR)*. in *Workshop of International Research Group "Diffusion in Zeolites"*. CNRS, DFG, EPSRC. 2005.

3. Bisch, D. and V. Bourdin, *Cinétique d'absorption par réponse en fréquence thermique : une méthode indirecte de mesure de la conductivité effective des adsorbants*, in *Journée SFT : la thermique des matériaux nanoporeux. Société Française de Thermique*. 2005.

MAURICE-XAVIER FRANÇOIS

Introduction

Au cours de la période concernée par ce rapport, l'activité de l'action transversale s'est concentrée dans trois directions :

- La modélisation des systèmes, le développement des codes de calcul correspondants, la mise au point de maquettes expérimentales et la confrontation numérique-expérimental.
- L'étude théorique et analytique et la simulation numérique par approximation faible Mach de la cellule thermoacoustique.
- L'étude expérimentale et théorique des effets non linéaires dits de streaming.

Par ailleurs, les travaux de mise au point du « démonstrateur » de forte puissance, 2 kW à 120K, se sont poursuivis.

Cette activité s'est faite comme par le passé dans une forte collaboration :

- avec le concours de l'équipe « R&D Basse Température » de l'Institut de Physique Nucléaire d'Orsay (IPNO).
- avec la société HEKYOM installée à Orsay, Parc Club Université, dans le cadre du Transfert Technologique entrepris dès 2002 et de l'accord de licence signé entre l'UPMC-CNRS et la société HEKYOM en février 2005 pour l'exploitation des deux brevets (le deuxième brevet a été publié en novembre 2005) et du savoir faire du laboratoire.

Les relations internationales ont été poursuivies avec l'Académie des Sciences de Chine (Technical Institut of Phsics and Chemistry) et les Universités de Saint Jacques de Compostelle et de Bilbao d'une part, et de Calgary d'autre part. Ces collaborations ont donné lieu à des échanges de professeur et de post-doctorants.

Présentation de la recherche

Modélisation des systèmes, développement des codes de calcul correspondants

A. Bétrancourt, M.-X. François

Ce travail correspond à la thèse d'Adrien Bétrancourt, BDI CNRS cofinancée avec le Conseil Général de l'Essonne et HEKYOM. Grâce à la poursuite du développement du code CRISTA, une étape importante a été franchie en 2006 puisqu'il a été possible d'effectuer la simulation numérique d'une machine complète comprenant à la fois la source acoustique thermoacoustique couplée à sa charge thermoacoustique. La recherche a porté également sur une validation expérimentale et donc la mise au point des maquettes correspondantes. L'association de ces deux actions constitue le résultat final important. Le développement de maquette permet en outre de révéler les verrous technologiques éventuels qui sont en réalité une caractéristique essentielle des machines thermoacoustiques.

Dans ce même cadre, une version spécifique du code TADESIGN a été développée avec T. Le Pollès (Société HEKYOM) pour permettre le calcul d'amplificateurs acoustiques.

Mise au point de maquettes expérimentales et confrontation numérique-expérimental.

A. Bétrancourt, G. Defresne, M.X. François, en collaboration avec P. Duthil, J.P. Thermeau, X. Xie (IPNO) et T. Le Pollès, X. Louis (HEKYOM)

Les maquettes existantes au LIMSI-CNRS ont été modifiées, certains éléments étant en fonctionnement depuis 6 ans. Ces travaux à caractère technologique ont permis l'étude du vieillissement de ces composants, stack ou échangeur de chaleur. Un effort particulier a porté sur l'analyse des conditions de déclenchement de l'instabilité thermoacoustique qui correspond au démarrage du générateur d'onde. Il s'agit là d'un problème complexe où théorie, technologie et mise en œuvre sont totalement imbriquées dans des relations mal connues. Un ensemble constitué d'un générateur et d'un tube à gaz pulsé (TGP) a été construit. La température froide de -90°C a été atteinte en version TGP et -110°C en version boucle.

Avec la société HEKYOM, une nouvelle maquette de générateur + amplificateur acoustique a été étudiée (simulation numérique au LIMSI, étude technologique avec l'IPNO). Les résultats des essais du printemps 2007 sont très encourageants et montrent un très bon accord calcul – expérience.

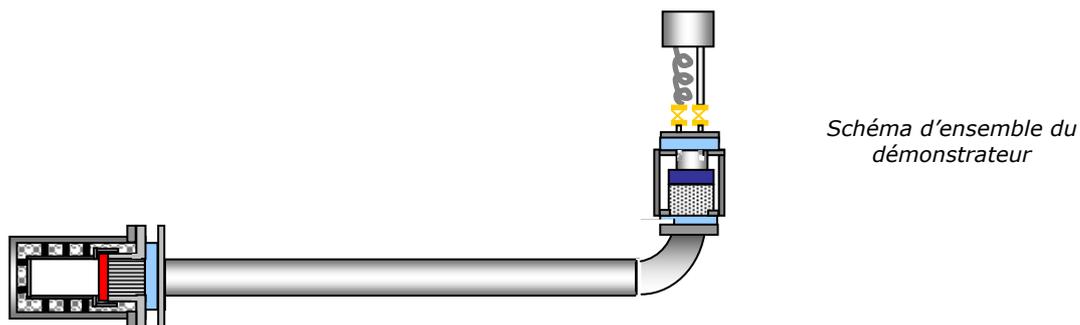
Réfrigérateur thermoacoustique produisant 2 kW à 120 K

D. Baltean Carlès, A. Bétrancourt, G. Defresne, M.-X. François en collaboration avec P. Duthil, J.-P. Thermeau (IPNO)

Ce projet a été cofinancé par l'ANVAR, le Conseil Général de l'Essonne, le CNRS (ex-DAE) et la Valorisation IN2P3.

Le projet a rencontré de nombreux obstacles, essentiellement technologiques, dont l'étude s'est poursuivie de façon méthodique. Ils ont révélé certaines difficultés liées au changement d'échelle (un facteur 25 par rapport aux précédentes réalisations du LIMSI) correspondant à la mise au point de ce « démonstrateur ». Ils ont permis de proposer un programme d'analyse méthodique des conditions de démarrage des machines thermoacoustiques. Ces conditions ont été testées et validées sur les nouvelles machines de petite taille de l'équipe. Ces résultats sont confidentiels dans le cadre de la licence UPMC/CNRS-HEKYOM.

Des conclusions positives sont attendues pour le troisième trimestre 2007. En effet, compte tenu de la petite taille de l'équipe mixte (LIMSI-IPNO-HEKYOM), la priorité a été donnée à la mise au point des nouvelles maquettes présentant une très grande fiabilité métrologique et demandant un financement réaliste.



Analyse expérimentale des effets non linéaires dans les systèmes thermoacoustiques

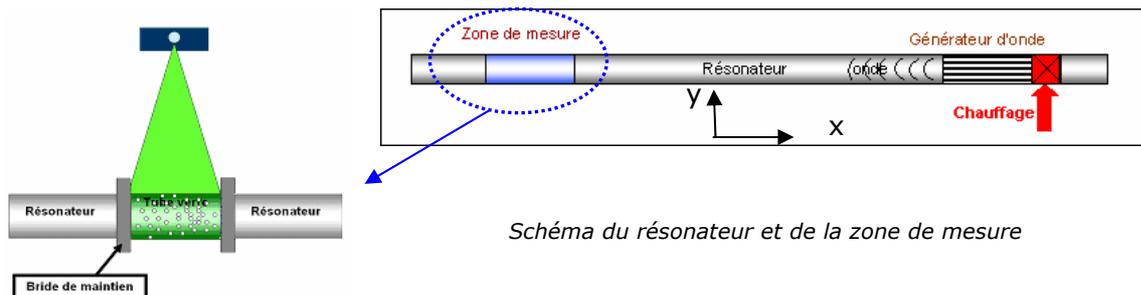
D. Baltean-Carlès, P. Debesse, F. Lusseyran, M.-X. François

Cette étude fait l'objet de la thèse de Ph. Debesse (ED SMAE). Elle s'inscrit dans la suite d'une action de collaboration avec l'équipe PIV de F. Lusseyran, initiée en 2005.

Les phénomènes non linéaires présents dans les systèmes thermoacoustiques sont responsables de l'apparition des écoulements continus secondaires qui se superposent aux oscillations acoustiques dominantes, pénalisant l'efficacité des systèmes. L'objectif de cette étude est de caractériser le champ de

vitesse acoustique (de l'ordre du m/s) dans un résonateur contenant un générateur d'onde thermoacoustique et de mettre en évidence les écoulements secondaires (de l'ordre du cm/s).

La métrologie classiquement utilisée dans ce cas est la vélocimétrie par images de particules (PIV), méthode qui a nécessité une adaptation aux systèmes thermoacoustiques avec une forte pression moyenne et un générateur d'ondes thermoacoustique. Nous utilisons une méthode originale de PIV, développée au LIMSI, fondée sur les techniques de flot optique. Le système expérimental est constitué d'un générateur d'onde thermoacoustique quasi-stationnaire créée dans un guide d'onde fermé à ses extrémités, et d'une zone de mesure adaptée pour l'application de la vélocimétrie par image de particule (PIV) (figure ci-dessous). Le gaz utilisé est l'azote, sous une forte pression moyenne (7×10^5 Pa- 15×10^5 Pa). Le paramètre de contrôle est la pression acoustique.



Les champs PIV ont été calculés avec deux procédures expérimentales validées par une comparaison avec les prédictions de l'acoustique linéaire :

Méthode 1 : Champs PIV sans référence de phase. Les champs de vitesses, fortement sous-échantillonnés par rapport à la fréquence de l'onde ($= 22$ Hz), sont obtenus avec des paires d'images enregistrées à cadence constante ($= 10$ Hz), acquises de manière désordonnée par rapport à la période acoustique. Le cycle acoustique du champ de vitesse a été reconstruit avec une méthode originale de post-traitement, développée dans le cadre de la thèse. Cette méthode permet de réordonner les vitesses suivant leur phase à l'intérieur d'une période de base avec une technique de projection par décomposition en valeurs singulières (SVD). Le signal ainsi reconstruit permet l'identification des composantes modales de l'onde (amplitudes et phases respectives). Le champ de vitesse moyenné (en temps) montre l'existence d'un écoulement moyen du même ordre de grandeur que le Rayleigh streaming, mais avec un profil distordu par la présence des phénomènes tridimensionnels.

Méthode 2 : Champs PIV avec référence de phase. Les champs de vitesses sont obtenus avec des paires d'images enregistrées à phase constante du cycle acoustique, en utilisant une électronique de synchronisation avec le signal de pression. Cette procédure expérimentale a permis une analyse des champs de vitesses par une méthode classique de moyennes de phase (16 phases du cycle équiréparties). Les résultats sont en parfait accord avec ceux obtenus par la première méthode pour la mesure de la composante acoustique et en bon accord pour la mesure de la composante moyenne.

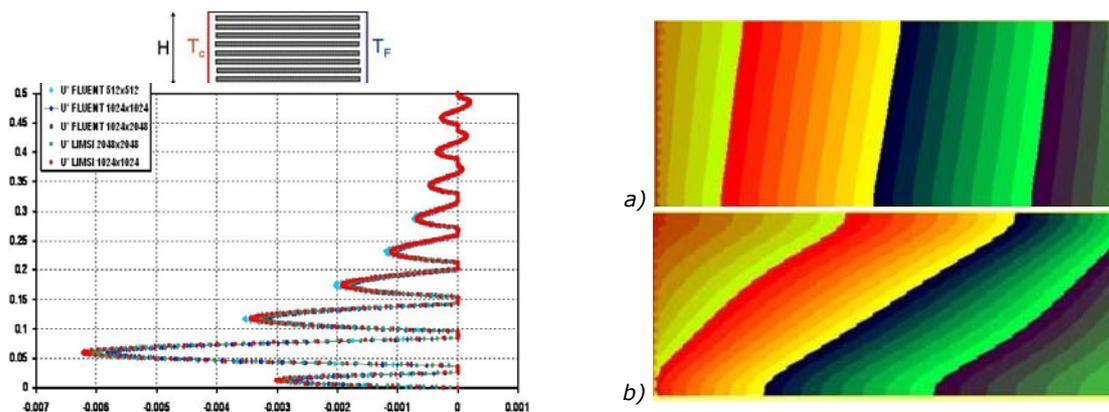
Étude numérique de la convection naturelle autour et dans le stack moteur

C. Weisman, P. Duthil, D. Baltean-Carlès

L'étude concerne la convection dans une cavité bidimensionnelle différentiellement chauffée contenant un empilement de plaques planes horizontales conductrices. Le rapport de forme (longueur/hauteur) de la cavité est de 2.5 et il existe un espacement réduit entre les extrémités des plaques et les parois. Cette étude est motivée par une application sur une expérience en thermoacoustique, où la convection dans le stack (empilement de plaques) semble empêcher l'établissement du champ thermique nécessaire au déclenchement du générateur d'ondes.

Les stacks utilisés comportent plusieurs centaines de plaques et le calcul complet nécessite un maillage trop fin. L'étude que nous menons consiste à effectuer des calculs (avec un code instationnaire résolvant les équations de Boussinesq) pour un nombre restreint de plaques conductrices (l'équation de la chaleur est résolue dans les plaques), afin de pouvoir ensuite évaluer la pertinence d'un calcul utilisant un modèle de milieu poreux représentant l'empilement. Nous avons effectué les calculs pour plusieurs valeurs du nombre

de Rayleigh (Rayleigh hauteur entre 10^5 et 10^8) ainsi que l'étude de convergence en maillage. Nous avons utilisé plusieurs nombres de plaques (17, 34, 68). L'objectif est la description de la répartition de température dans le stack pour des valeurs de Rayleigh correspondant aux applications pratiques. La figure ci-dessous montre un exemple de résultats :



Profils de vitesse horizontale au milieu de la cavité

Champs de température : a) $Ra=10^6$, b) $Ra=10^7$

Analyse multi-échelles et adaptation du modèle numérique à faible nombre de Mach pour la prise en compte du couplage stack/champ acoustique résonnant

C. Weisman, D. Baltean-Carlès, M.-X. François, P. Le Quéré en collaboration avec P. Carlès (UPMC, IJLRA) et L. Bauwens (Université de Calgary, Canada)

Il s'agit d'une étude initiée en 2006 en collaboration avec P. Carlès (IJLRA), qui s'inscrit dans l'axe d'étude des phénomènes non linéaires du projet de GDR-thermoacoustique 2007 et qui fait l'objet d'un soutien financier spécifique recherche de l'UPMC (BQR 2007).

Les grands rapports d'échelle d'espace et de temps présents dans un système thermoacoustique permettent, dans de nombreuses circonstances, de découpler les échelles et donc les phénomènes, et d'en dégager des modèles simplifiés qui pourront être résolus analytiquement ou simulés numériquement. L'une des voies en ce sens est la simulation numérique à faible nombre de Mach. Cette approche, développée par Paolucci dans un contexte différent, consiste à établir un développement asymptotique des équations de Navier-Stokes compressibles à faible nombre de Mach pour en dégager un découplage entre la propagation acoustique et son effet macroscopique sur la pression. Cette technique, sur laquelle le LIMSI possède une solide expérience, a déjà montré son intérêt dans l'étude du stack (thèse de P. Duthil avec C. Weisman et M.-X François). Le travail présent a comme objectif l'adaptation des codes 2D du LIMSI à l'aide des méthodes asymptotiques multi-échelles, pour réaliser le couplage entre le pompage de chaleur dans le stack et le champ acoustique dans le résonateur, résultats qui seront confrontés aux expériences modèles existantes au laboratoire. On envisage par la suite la modélisation du streaming entre les plaques du stack.

Une autre application de ce travail se poursuit sous la forme d'une collaboration avec L. Bauwens de l'Université de Calgary. L'objectif général est l'étude des générateurs d'ondes (moteurs) thermoacoustiques. La configuration de travail est la suivante : un stack est placé entre deux échangeurs de chaleur, à l'intérieur d'un tube résonant, fermé aux deux extrémités ; la position du stack moteur est proche d'une extrémité du résonateur tandis que du côté opposé se trouve une charge, par exemple un réfrigérateur thermoacoustique. Une différence de température est appliquée entre les deux échangeurs de chaleur. De point de vue technologique, il existe toujours un petit espace entre le stack et les échangeurs. Un des objectifs de ce travail est l'étude de l'influence de la variation de cet espacement entre le stack et les échangeurs sur l'amplification de l'onde, et donc sur l'efficacité d'un tel générateur d'onde. Une hypothèse importante de travail est celle de la longueur très courte du stack par rapport à la longueur d'onde acoustique, hypothèse qui justifie l'utilisation de l'approximation en faible nombre de Mach pour décrire l'écoulement à l'intérieur du stack. Dans ce contexte, le code 2D faible Mach existant (utilisé jusqu'à présent pour l'étude de l'écoulement du fluide et du pompage de chaleur dans le stack réfrigérant) est modifié cette fois-ci pour un fonctionnement du stack de type moteur, en utilisant l'étude asymptotique permettant le couplage stack/résonateur, et en prenant en compte les échangeurs de chaleur. La température est imposée au niveau des échangeurs et les conditions limites sont calculées et imposées pour que l'amplification de l'onde soit réalisée.

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Diana	Baltean	Ens-Ch	MC	Paris VI
Gérard	Defresne	Ens-Ch	Pr. Ag.	Paris XI
Maurice-Xavier	François	Ens-Ch	Pr1	Paris VI

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Adrien	Bétrancourt	SMAE	Paris VI
Philippe	Debesse	SMAE	Paris VI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Statut
Manuel	Osorio	Post-doc

Collaborations de recherche

Internationales

- ESPAGNE : L'Université de Saint Jacques de Compostelle, Professeur F. VIDAL, spécialisée en particulier dans l'étude théorique et expérimentale des matériaux supraconducteurs à haute température Critique (HTC). L'intérêt convergent est dans la réfrigération de ces matériaux où le procédé thermoacoustique peut être un candidat. M. Osorio, Post-Doc de cette Université, a été présent au LIMSIS pour l'année académique 2005-2006, puis pour deux mois en 2007.
- CHINE : Le laboratoire de Cryogénie de l'Institut de Physique et Chimie de l'Académie des Sciences de Chine à Pékin et avec Les Professeurs LI Qing, LUO Ercang, et l'Académicien ZHOU Yuan. Ce laboratoire travaille sur les mêmes thèmes que l'ATT à un niveau de compétence équivalent. En 2006-2007, le séjour post-doctoral de Xiujuan XIE dans l'équipe mixte LIMSIS-IPNO-HEKYOM a été financé par HEKYOM.
- CANADA : Le département de Mechanical Engineering de l'Université de Calgary, Professeur Luc Bauwens. Le sujet de collaboration est développé ci-dessus.

Nationales

Collaboration LIMSIS-IPNO en R&D

L'équipe ATT a poursuivi et amplifié sa collaboration avec l'équipe R&D Basses Températures de l'IPNO. Cette synergie reste le point fort de l'ATT pour le développement des stations d'essais dans le cadre de l'opération de transfert de technologie.

Institut JLRA

Une collaboration avec P. Carlès a débuté en 2005 tout d'abord à titre de conseil pour l'analyse des résultats expérimentaux des différentes maquettes et tout particulièrement le « démonstrateur ». Cette collaboration s'est poursuivie en 2006 en s'ouvrant sur une étude asymptotique et numérique exposée ci-dessus.

GDR Thermoacoustique

A l'initiative du LIMSIS, une réunion a été organisée à Orsay en juillet 2006 pour examiner l'intérêt et le contenu d'une proposition de GDR « Thermoacoustique » au CNRS qui a été accepté à partir de janvier 2007. Le GDR regroupe les principaux laboratoires français concernés : LAUM (Le Mans), LMFA (Lyon), LEA (Poitiers), LIMSIS-CNRS, IPNO, auxquels d'autres laboratoires français et européens sont associés (TREFLE, IJLRA, ECN - Pays Bas) ou seront associés (ex : Stokes Research Institute-Université de Limerick ou

Eindhoven University of Technology). Le programme de recherche du GDR s'articule autour de 4 thèmes: phénomènes fondamentaux, métrologie adaptée à l'étude des systèmes thermoacoustiques, méthodologies de modélisation, composantes-architectures-systèmes, thèmes dans lesquelles s'inscrivent les activités de recherche développées par notre équipe.

Contrats de recherche et valorisation

Soutiens financiers pour l'opération de transfert

- Action ASTRE dans le cadre de la convention UPMC/CG91-N373
- BQR Recherche UPMC-2007

Valorisation et transfert

E. Bretagne, P. Duthil, M.X. François

Après un premier brevet déposé en 2002, PCT en 2004, un deuxième brevet a été publié en novembre 2005. Ce brevet concerne les architectures acoustiques des systèmes thermoacoustiques.

Par ailleurs, l'équipe LIMSI et l'IPNO soutiennent l'action de l'UPMC et du CNRS débutée en 2003 dans la création de la Start Up HEKYOM ayant pour programme le développement d'une ingénierie thermoacoustique appliquée à la réfrigération non polluante. Une licence d'exploitation des brevets UPMC-CNRS a été signée avec cette société.

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/11/2004	31/12/2006	ASTRE	Autre	Conseil Général de l'Essonne	63 000 €	François Maurice Xavier	Collaboration de recherche
01/12/2005	31/12/2006	Proto ATT	Autre	IPN	-	François Maurice Xavier	Collaboration de recherche
01/01/2008	31/12/2008	BQR 2008	BQR	Université Paris VI	15 000 €	Ballean Diana	Collaboration de recherche
25/10/2004	24/10/2007	ATT - Soutien au Transfert DAE	Autre	CNRS-DAE	75 000 €	François Maurice Xavier	Autre

Production scientifique

Conférences à comité de lecture

1. Debesse, P., D. Ballean, F. Lusseyran, and M.X. François. *Adaptation de la vélocimétrie par images de particules à l'analyse des effets non linéaires en thermoacoustique*. in *CFTL 2006. Congrès Francophone de Techniques Laser*. 2006.
2. Debesse, P., D. Ballean, F. Lusseyran, and M.X. François. *Analyse expérimentale des effets non linéaires dans les systèmes thermoacoustiques*. in *CFM 2007. 18ème Congrès Français de Mécanique*. 2007.
3. Duthil, P., D. Ballean, A. Bétrancourt, G. Defresne, M.X. François, Z.B. Yu, and Q. Li. *Méthode de caractérisation acoustique d'éléments passifs*. in *CFA 06. 8ème Congrès Français d'Acoustique*. 2006.
4. Duthil, P., D. Ballean, A. Bétrancourt, M.X. François, J. Wu, and Z.B. Yu. *Caractérisation des éléments de contrôle du champ acoustique dans les systèmes thermoacoustiques*. in *CFM 2005. 17ème Congrès Français de Mécanique, AFM*. 2005.
5. Duthil, P., D. Ballean, A. Bétrancourt, M.X. François, Z.B. Yu, and J.P. Thermeau. *Experiments and valve modelling in Thermoacoustic device*. in *CEC-ICMC 2005: 5th Cryogenic Engineering Conference and International Cryogenic Materials Conference*. 2005.
6. Faure, T., F. Lusseyran, L. Pastur, R. Pethieu, and P. Debesse. *Développement d'instabilités dans un écoulement subsonique se développant au-dessus d'une cavité : mesures synchronisées PIV-LDV*. in *CTFL2006. 10ème Congrès Francophone de Techniques Laser*. 2006.
7. Hu, Z.J., Q. Li, J.H. Xie, G. Zhou, Q. Li, P. Duthil, and M.X. François. *Acoustic impedance adjusting for a small cascade thermoacoustic engine*. in *CFA 06. 8ème Congrès Français d'Acoustique*. 2006.

Congrès sans actes, workshops

1. Baltean, D., A. Bétrancourt, G. Defresne, P. Duthil, J.P. Thermeau, and M.X. François. *Sound Wave Cooling : a new thermodynamic process*. in *METIME 2005: International Conference on Thermal Engines and Environmental Engineering*. 2005.
2. Lusseyran, F., L. Pastur, T. Faure, P. Debesse, D. Baltean, and M.X. François. *Mesure synchronisée PIV - grandeur scalaire locale : la moyenne de phase et ses possibles évolutions*. in *20e Journée Thématique de L'Association Francophone de Vélocimétrie Laser*. 2006.
3. François, M.X., *Les cycles thermoacoustiques*, in *Deuxième Séminaire Carnot ENSMP*. 2005.

JEAN-PAUL SANSONNET

Le groupe de recherche Architectures et Modèles pour l'Interaction (AMI) du LIMSI a été créé en 2001. Ce groupe a pour objet d'étude l'interaction pour elle-même, dans les systèmes d'information médiatisés par ordinateur. Cette problématique apparaît aujourd'hui comme centrale pour la Communication Homme-Machine. Par la provenance de ses membres, ainsi que dans les thèmes abordés, le groupe AMI affiche une volonté de pluridisciplinarité autour d'un même objet. Notre démarche se veut à la fois :

- Conceptuelle, en proposant des analyses et des modèles de l'Interaction dans les Systèmes d'Information Médiatisés.
- Finalisée, en proposant des architectures de systèmes informatiques effectifs pour le support de l'Interaction Médiatisée.
- Appliquée, par la mise en œuvre des modèles et des architectures que nous développons dans le domaine de l'assistance à l'interaction : aide au handicap, aide à l'apprentissage, aide aux collectifs communicants ...

Aujourd'hui, le groupe AMI voit la cohérence de sa thématique générale se renforcer autour de deux grandes problématiques :

- Etude de la modalité des interactions : cette première problématique concerne la manière dont les informations sont présentées aux utilisateurs. Elle fait l'objet des deux premiers thèmes de recherche du groupe : Interaction Multimodale et Visualisation d'Information.
- Etude des interactions communicatives : cette seconde problématique concerne les contenus qui sont échangés entre les agents participants à des activités médiatisées. Elle fait l'objet des deux thèmes de recherche du groupe : Agents Conversationnels et Socio-informatique.

Présentation de la recherche

Thème Interaction Multimodale

Y. Bellik, A. Awdé, D. Béroule, C. Jacquet, C. Rousseau, J. P. Sansonnet, F. Vernier



Activités du thème Interaction Multimodale. Au centre : la problématique; en périphérie : différents champs applicatifs.

Les activités de recherche du thème "Interaction Multimodale" concernent l'analyse, la conception, le développement et l'évaluation de systèmes interactifs disposant de différents moyens d'interaction et sortant du cadre classique des interfaces graphiques. Il s'agit, d'une part, d'approfondir notre connaissance sur le comportement multimodal humain afin d'en tirer des recommandations pour la conception des systèmes interactifs multimodaux. D'autre part, il s'agit de maintenir à niveau notre connaissance des systèmes et des différents dispositifs de communication Homme-Machine qui sont en constante évolution (systèmes de reconnaissance/synthèse de parole, systèmes de reconnaissance/synthèse de gestes, dispositifs d'interaction tactiles, oculomètres, etc.). Il faut en cerner les possibilités et les limites, avec comme

objectif de proposer des modèles d'architecture logicielle qui tirent pleinement parti des possibilités d'interaction offertes par ces systèmes tout en prenant en compte leurs limites technologiques. Cette double préoccupation (connaissance de l'humain, connaissance du système) vise à produire des modèles d'interaction multimodale au sein desquels les modalités d'interaction arrivent non seulement à cohabiter mais surtout à coopérer de façon la plus harmonieuse et la plus intuitive possible pour l'être humain. Après avoir travaillé pendant plusieurs années sur le problème de la multimodalité en entrée, nous nous sommes penchés ces dernières années sur le problème de la présentation multimodale de l'information. Les récentes évolutions technologiques, culturelles et sociales (avènement de la société de l'information, mobilité des utilisateurs en situation d'interaction, apparition de l'informatique ambiante,...) créent de nouveaux besoins en termes d'interaction. La diversité des utilisateurs, des systèmes et des environnements fait qu'il n'est plus possible de continuer à proposer des interfaces au comportement prédéfini et figé. Face à ce problème nous adoptons une approche qui consiste à intégrer dans le système interactif des mécanismes d'adaptation qui vont lui permettre de modifier dynamiquement son comportement pour être en adéquation avec un contexte d'interaction en perpétuelle évolution. 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. Ces propriétés leur confèrent également d'importantes capacités 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. Elles deviennent, par conséquent, particulièrement intéressantes à exploiter dans le cadre d'un contexte sujet à de fréquentes évolutions. C'est pourquoi nous envisageons l'adaptation sous l'angle de la multimodalité. Nous cherchons dans nos travaux à élaborer des modèles et des outils logiciels qui permettent d'exploiter de façon "intelligente" toutes les modalités dont peut disposer le système interactif à un instant donné, pour communiquer une information à l'utilisateur. Nous déclinons nos travaux selon trois axes : la présentation contextuelle de l'information dans un cadre mobile, la présentation opportuniste de l'information dans le cadre de l'informatique ambiante et enfin la présentation non visuelle de l'information dans le cadre de l'aide au handicap. Ces trois axes ont donné lieu chacun à une thèse (C. Rousseau, C. Jacquet, A. Awdé), les deux premières ayant été soutenues en décembre 2006 et la dernière étant en cours.

Présentation contextuelle de l'information

Les travaux de cet axe concernent l'adaptation des sorties d'un système multimodal au contexte d'interaction. Ils traitent des problèmes rencontrés dans la conception d'une présentation multimodale et contextuelle de l'information et proposent une approche de résolution conceptuelle et logicielle. Ces travaux se sont divisés en trois phases. La première, a permis d'introduire le modèle conceptuel WWHT permettant une présentation "intelligente" de l'information. Ce modèle s'appuie sur quatre concepts fondamentaux : "What", "Which", "How" et "Then", annotant les événements marquants du cycle de vie d'une présentation multimodale. Ces concepts structurent les processus de conception et d'évolution de la présentation en intégrant le contexte d'interaction dans leurs mécanismes de décision. Inspirée de ce modèle, la seconde phase a conduit à l'élaboration d'une plateforme logicielle permettant la conception itérative (spécification, simulation et exécution) des sorties d'un système multimodal. Cette plateforme intitulée ELOQUENCE accompagne le concepteur tout au long du processus de conception, en outillant les différentes phases de son cycle de vie. Elle se compose de deux outils permettant respectivement de spécifier et de simuler les sorties d'un système multimodal, et d'un noyau permettant l'exécution du système final. Enfin, la dernière phase a permis d'appliquer cet environnement de conception à trois applications de domaines différents : téléphonie mobile, avionique militaire et contrôle aérien. Ces applications incarnent un processus de validation logicielle visant à évaluer incrémentalement la faisabilité des concepts émis et l'utilisabilité des outils associés. De ces expérimentations ressortent des résultats encourageants, ouvrant la discussion sur de nouvelles perspectives de recherche dans le cadre de l'interaction multi-utilisateur et de l'informatique ambiante. Ces travaux ont été menés dans le cadre du projet INTUITION (INTERaction mUltimodale Intégrant les Technologies InnOvaNtes) financé par la DGA et regroupant outre le LIMSI, deux autres laboratoires de recherche (CLIPS-IMAG, IRIT) et un industriel (Thalès-Avionics).

Présentation opportuniste de l'information dans le cadre de l'informatique ambiante

Ces travaux concernent l'étude de l'interaction entre un humain et des objets quotidiens de son environnement. Nous sortons ici du cadre classique de l'interaction sédentaire sur station de travail pour entrer dans celui de l'informatique ambiante. Nous cherchons à concevoir des modèles théoriques et des plates-formes pour la spécification et l'implémentation de services d'assistance à des utilisateurs mobiles dans un cadre ambiant (voir page de présentation « [Multimodal presentation of information in ambient intelligent](#) ». Ces travaux ont permis d'introduire le modèle KUP (Knowledge, User, Presentation) dans lequel

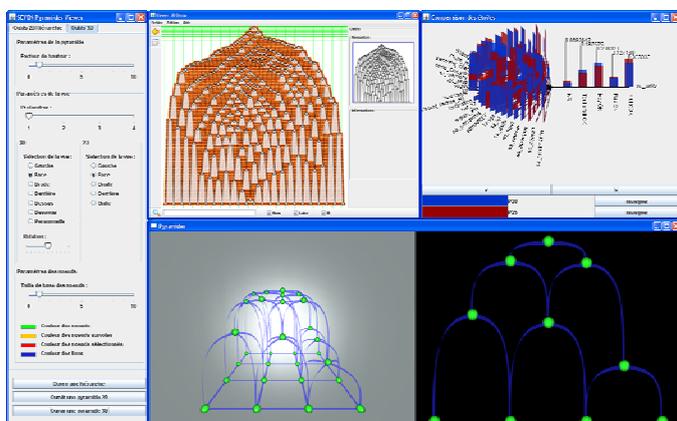
le noyau fonctionnel du système, les utilisateurs et les dispositifs de présentation (écrans, haut-parleurs, etc.) sont représentés par des entités logiques. L'idée est de représenter à la fois les utilisateurs et les objets par des agents. De cette façon, il est possible de construire une infrastructure totalement décentralisée, dans laquelle les échanges seront tous banalisés, qu'ils aient lieu entre objets, ou entre objets et humains. Ainsi le modèle KUP permet un découplage spatial et temporel entre d'une part, la fourniture d'une information par le noyau fonctionnel à l'entité (logique) utilisateur, et d'autre part, la présentation de cette information par un dispositif adéquat, à destination de l'entité (physique) utilisateur. Ces deux phases sont opportunistes : elles surviennent au gré des déplacements des utilisateurs. Lorsqu'un utilisateur se trouve à proximité de dispositifs de présentation, il faut déterminer quel dispositif et quelle modalité utiliser. Un premier algorithme, conçu de façon incrémentale, permet de choisir le dispositif tout en respectant trois contraintes d'utilisabilité : complétude, stabilité, optimisation de l'espace. Un second algorithme permet de sélectionner et d'instancier les modalités, en essayant de donner satisfaction aux utilisateurs concernés. Le modèle KUP et les algorithmes correspondants ont été implémentés dans la plate-forme PRIAM (PRésentation des Informations dans l'AMbiant), qui a permis de réaliser des évaluations en laboratoire. A titre d'exemple, une des applications réalisées concerne l'affichage coopératif d'informations sur écrans publics. On se place ici dans le contexte d'une gare ou d'un aéroport dans lequel les voyageurs munis de leur billet (dotés de tags RFID) viennent consulter des informations concernant leur train ou leur vol sur des écrans publics (dotés de lecteurs RFID). Le système doit présenter de façon optimale ces informations en sélectionnant les trains ou les vols à afficher en fonction des utilisateurs situés à proximité et de la capacité d'affichage des écrans. Ceux-ci (les écrans) coopèrent entre eux dynamiquement de manière à éviter une surcharge informationnelle inutile pour le voyageur. Ces évaluations ont montré que des systèmes d'affichage dynamiques permettent à des utilisateurs de retrouver leurs informations bien plus rapidement que des affichages statiques. Ces travaux ont été réalisés dans le cadre d'une collaboration entre le LIMSI et Supélec.

Présentation non visuelle de l'information

Les résultats des deux axes de recherche présentés ci-dessus trouvent une application directe dans le domaine du handicap visuel. Ainsi, une collaboration a été établie avec l'école de technologie supérieure de Montréal (ETS) dans le but d'appliquer nos résultats sur la présentation multimodale d'informations au problème de l'accès aux mathématiques pour les non voyants. Par ailleurs, après la collaboration fructueuse que nous avons eue avec le laboratoire Aimé Cotton et qui a donné naissance au Télétact 2 (une canne électronique laser bimodale exploitant le retour tactile et le retour sonore), nous avons décidé de poursuivre ces travaux en vue d'appliquer les résultats du deuxième axe de recherche au problème de l'aide au déplacement des non-voyants. L'objectif cette fois-ci est d'arriver à fournir à l'utilisateur aveugle non seulement des informations analogiques de distance aux obstacles mais également des informations de nature symbolique sur ces obstacles (numéro de bureau, nom de l'occupant, sens d'ouverture de la porte, etc.).

Thème Visualisation et Interaction

Ch. Jacquemin, F. Vernier, R. Ajaj, G. Besacier, X. Fang, G. Rey



Le thème « Visualisation et Interaction » se décline selon deux dimensions : d'une part, sur le plan des outils, ce thème poursuit des travaux sur la conception de nouveaux interacteurs et interfaces, ainsi que la réalisation de nouvelles plate-formes de visualisation, d'autre part, sur le plan des applications, les recherches s'orientent vers la représentation et la navigation dans des hiérarchies documentaires en combinant des représentations bi- et tri-dimensionnelles, la visualisation de grands ensembles de données et les tâches liées à la créativité.

Dans le cadre du projet ANR SEVEN, le groupe AMI a réalisé une interface de visualisation de structures pyramidales de classes de documents

Nouvelles interfaces et nouveaux interacteurs

Les nouvelles interfaces concernent soit des widgets innovants qui seront inclus comme composante d'une interface (le Bislidier) soit des interfaces innovantes intégrant un support physique original et une nouvelle librairie d'interface (DiamondSpin). Nous proposons de généraliser les sélecteurs d'intervalles (range-slider) à la colorisation segmentée en tant qu'outil de navigation pour la visualisation. Le projet BiSlider se compose d'un widget de filtrage de données pour les environnements multimédia (page Web) et pour des environnements applicatifs standard. Ce projet fait l'objet d'une mise à disposition comme logiciel libre (<http://bislidier.dev.java.net>). Il s'applique à la colorisation interactive de données et à la visualisation d'histogrammes de répartition interactifs. Une autre interface augmentée est le support horizontal (TableTop) qui est utilisé dans la visualisation cartographique de cartes réparties sur Internet avec collaboration. Dans le Projet ROC, nous avons initié au travers de l'encadrement d'un stagiaire de master-recherche une étude de la perception spatiale multi-équipes. Au travers de la thèse de Rami Ajaj (voir page de présentation « [Multimodal 2D/3D interaction for editing and navigating urban spaces](#) » nous nous focalisons sur la perception mono-équipe de plusieurs représentations spatiales (Table + Mur) qui nous semble être une activité particulièrement pertinente pour les tables interactives. La table interactive est combinée avec une navigation dans un espace 3D dans le cadre cette étude qui porte sur la combinaison des modalités 2D et 3D en entrée pour l'interaction avec un environnement urbain ou architectural.

Dans le cadre de la thèse de G. Besacier nous explorons, en collaboration avec le laboratoire LRI, les similarités et différences entre l'utilisation sur table et sur un ordinateur standard de manipulation de documents de bureautique (Traitement de texte, Navigateur Web). L'utilisation du support horizontal justifie le développement de la librairie DiamondSpin pour table Digitale en collaboration avec MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories).

L'interface tangible Pogany est une interface en forme de tête qui est utilisée pour le contrôle de l'expression des émotions sur un visage interactif d'un visage 3D. La technique de capture multipoint à base de vidéo permet un contact distant ou direct avec plusieurs doigts sur plusieurs zones du visage, donc une interaction assez fine et subtile bien adaptée à la communication affective.

Modélisation de scènes multimédia interactives

Virtual Choreographer est une plate-forme de modélisation de scènes 3D interactives avec des composantes sonores et géométriques. Il est utilisé pour les applications de visualisation en 3D précisées dans le sous-thème Visualisation de hiérarchies pour la fouille de données ainsi que pour la réalisation de scènes de réalité augmentée audio dans le cadre du projet ANR SoundDelta en collaboration avec le groupe PS. Il sert également à la modélisation et l'animation de têtes parlantes au format MPEG4, en collaboration avec d'autres thèmes des groupes AMI, LIR et PS dans le cadre de l'Action Sur Programme Tête Parlante sous la responsabilité de J.-C. Martin. Les travaux récents ont porté sur la combinaison de l'expression d'émotions avec la parole audio-visuelle sur un visage réaliste (voir le thème Agents Conversationnels du groupe AMI). Nous travaillons également de nouvelles problématiques scientifiques dans les applications de la réalité virtuelle ou augmentée aux domaines artistiques : les oeuvres immersives développées en collaboration avec l'artiste plasticien Bertrand Planes, les environnements sonores interactifs développés en collaboration avec le designer sonore Roland Cahen (ENSCI) ou les scènes 3D interactives pour le spectacle vivant en collaboration avec le metteur en scène Georges Gagneré de la Compagnie Incidents Mémorables (voir le domaine d'application Virtualité Interaction Design et Art de l'action transversale VENISE). Ce dernier point sera développé dans le cadre du projet ANR Virages et portera sur les interfaces pour le contrôle de ces environnements interactifs contrôlés par les acteurs.

Visualisation de hiérarchies pour la fouille de données

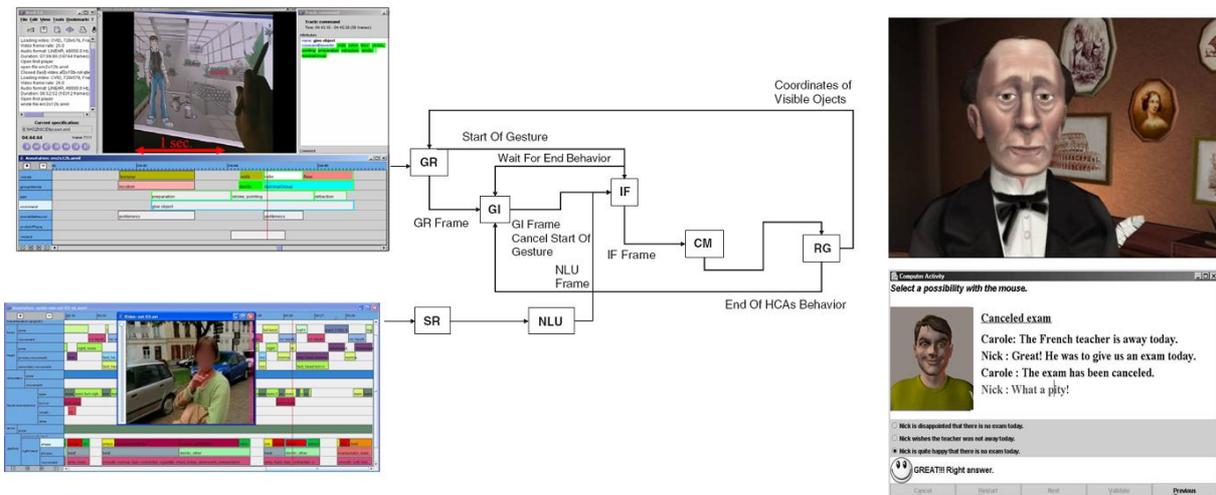
Afin de disposer d'algorithmes fouille de données interactives, nous avons développé des recherches en visualisation de hiérarchies de données documentaires (dans le cadre des projets RNTL Seven et Webcontent financés par l'Agence Nationale de la Recherche). Ces visualisations concernent des structures hiérarchiques disjointes (pour lesquelles toute classe a un seul ancêtre) et les structures non disjointes appelées pyramides 2D ou 3D issues des travaux du CEREMADE à l'Université Paris Dauphine. Les recherches dans ce domaine concernent la représentation de l'information, le filtrage, la sélection et l'accès aux données et la navigation. Dans la mesure où les structures de données se déclinent en 2D et 3D, les recherches au LIMSI visent à combiner de manière homogène ces deux représentations.

Visualisation de grands ensembles de données

La visualisation de grandes tables multidimensionnelles. Ce projet en collaboration avec EDF R&D a permis de consolider la plate-forme FiCell, d'apporter la visualisation de graphiques (charts), le défilement vertical en plus de la technique des fisheyes et la visualisation de dépendance inter-cellules. Le travail autour de la visualisation de hiérarchies et de pyramides nous a permis de consolider une technique de visualisation basée sur l'algorithme des Treemaps et des diagrammes « nœud-transition » ainsi que les techniques de navigation qui lui sont associées.

Thème Agents Conversationnels

J.-C. Martin, J.-P. Sansonnet, J.-P. Fournier, C. Jacquemin, S. Abrilian, O. Grynszpan, S. Buisine, D. Leray, F. Bouchet, G. Meyer.



Des corpus vidéo multimodaux (à gauche) sont utilisés pour calculer des modèles informatiques servant à spécifier et évaluer des interfaces à base de personnage virtuel (à droite)

Le thème « Agents Conversationnels » a pour objectif l'étude d'interactions dialogiques entre des agents humains et des agents logiciels. Dans ce domaine, trois directions de recherche sont étudiées en interaction avec les autres thèmes du groupe AMI et les actions internes du LIMSI.

Agents Conversationnels Animés : différences individuelles dans la perception et l'expression multimodale

La problématique des Agents Conversationnels Animés (ACA) vise à compléter voire remplacer l'Interface Homme-Machine graphique usuelle avec des personnages virtuels utilisant des capacités communicatives et des signes non-verbaux inspirés de la communication humaine (regard, expressions faciales, gestes de la main, postures). L'approche choisie consiste à développer des modèles de comportements multimodaux à partir de corpus vidéo, puis à appliquer ces modèles à l'interprétation du comportement multimodal de l'utilisateur et à la spécification du comportement multimodal de l'agent conversationnel.

Dans le cadre du projet européen IST-NICE terminé en 2005 avec la thèse de S. Buisine (Psychologie Cognitive et Ergonomie, Paris 5), l'utilisateur combine parole et gestes 2D via une tablette tactile pour interagir avec des personnages LEA 2D. Lors d'expériences de type Magicien d'Oz (dans lesquelles la compréhension de la parole et des gestes de l'utilisateur est simulée), des données qualitatives et quantitatives sur le comportement des sujets ont été analysées. Ces données ont servi à évaluer l'utilisabilité de tels agents conversationnels et construire un modèle du comportement des utilisateurs pour concevoir le système fonctionnel. La technologie LEA 2D a été également utilisée pour étudier la perception qu'ont les utilisateurs du comportement redondant ou complémentaire des personnages virtuels. Des différences individuelles de perception des comportements multimodaux des agents virtuels ont été observées entre différents groupes de sujets (homme / femme et intro/extravertis).

Dans le cadre de la thèse d'O. Grynszpan (co-encadrée avec J. Nadel, DR Psychopathologie, CNRS UMR 7593), une plateforme a été développée pour évaluer les performances d'adolescents autistes dans deux domaines d'apprentissage (dialogue et planification spatiale) en faisant varier les modalités. Il a été observé que les utilisateurs autistes avaient des difficultés à intégrer les stimuli multimodaux ambigus dans le cas d'expression d'émotions complexes (conflit entre modalités dans le cas de l'ironie par exemple).

Dans le cadre de la thèse de S. Abrilian (co-encadrée avec L. Devillers, groupe TLP), et dans le cadre du réseau d'excellence HUMAINE du 6ème PCRDT, un corpus de comportements multimodaux émotionnels spontanés a été collecté et annoté (interviews télévisées). Une approche copie-synthèse a été proposée pour mettre en correspondance niveaux d'annotation et de spécifications des expressions émotionnelles chez un agent animé expressif. Elle a permis une évaluation perceptive au cours de laquelle des sujets ont comparé des vidéos d'origine et les mêmes comportements émotionnels rejoués par des personnages virtuels (Best Paper Award IVA 2006).

Ces différentes études ont permis de montrer des différences individuelles en termes d'âge, de sexe et de trait de personnalité (introversion) et l'importance de la prise en compte de ces différences lors du développement d'Agents Conversationnels Animés (HDR J.-C. Martin, voir page de présentation « [Multimodal human-computer interfaces and individual differences](#) »).

Ce sous-thème coopère avec les groupes PS, LIR et TLP dans le cadre de l'Action Sur Programme « Têtes Parlantes » (responsable J.-C. Martin, voir les pages de présentation « [Pogany a tangible user interface for the control of expressive faces](#) » et « [3D audiovisual rendering and Real-time interactive control of expressivity in a talking head](#) ») dont la technologie a été utilisée par exemple pour étudier les relations entre traits de personnalité et expressions faciales d'émotions complexes (stage de M. Courgeon co-encadré par C. Jacquemin & J.-C. Martin). Le sous-thème est également impliqué dans l'Action Incitative « Agents Gestuels » (resp. J.-P. Sansonnet) pour la définition d'un toolkit d'agents animés gestuels 2D½ réalistes pour le web. Le LIMSI participe à deux initiatives internationales de standardisation W3C Emotion Incubator Group et BML (Behavior Markup Language) et est un acteur majeur du domaine (édition d'un numéro spécial du Journal Language Resources and Evaluation ainsi que 3 workshops LREC sur le thème des « Corpus Multimodaux », organisation de la conférence Intelligent Virtual Agents 2007, et de la dernière réunion plénière du Réseau d'Excellence Humaine à Paris). En perspective, le thème est impliqué dans deux projets ANR qui ont été acceptés en 2007 : CARE (applications artistiques ; collaboration J.-C. Martin & C. Jacquemin), et Affective Avatars (applications mobiles ; coordinatrice L. Devillers, TLP).

Agents Conversationnels Assistants

Une des applications importantes des agents conversationnels est la Fonction d'Assistance interactive qu'ils peuvent apporter aux usagers novices des applications et services grand public. Pour cela, il faut développer des agents capables : a) de comprendre les requêtes en langue naturelle produites par des utilisateurs grand public ; ceci de manière contextuelle c'est-à-dire en temps-réel, dans le cadre d'une tâche, en tenant compte de l'utilisateur. b) de traiter les requêtes des utilisateurs pour apporter une assistance pertinente, c'est-à-dire elle aussi temps-réel, contextualisée et personnalisée. Dans le cadre de la compréhension de requêtes en langue naturelle, nous avons lancé deux actions :

- le recueil d'un corpus de requêtes issues d'usagers novices en situation d'échec dans l'utilisation d'applications informatiques. Recueilli sur 2 ans et demi dans le cadre de situation d'assistance (voir page de présentation « [Registering and analysis of a corpus of natural language assisting requests](#) »), ce corpus comporte actuellement 11 000 requêtes en français. Ce corpus doit servir à circonscrire le domaine de langue ainsi que la typologie des requêtes que nous souhaitons prendre en compte dans le cadre du traitement de la fonction d'assistance.
- le développement d'un analyseur sémantique (GRASP) chargé de transformer les requêtes du corpus recueilli en requêtes d'assistance formelles. Cet analyseur doit utiliser conjointement des techniques statistiques (pour la correction grammaticale, le POS, la WSD) et des techniques symboliques pour l'analyse sémantique précise des actes de langage et des groupes référentiels constituant les requêtes.

Afin de pouvoir assurer le traitement des requêtes d'assistance formelles, il s'agit de développer des agents capables de raisonner sur la structure et le fonctionnement des applications qu'ils sont chargés d'assister. Dans ce cadre, trois études ont été menées ou sont actuellement en cours :

- Une première étude porte sur la capacité décisionnelle des agents en rapport avec les préférences exprimées par les usagers et vise à développer un opérateur de décision fondé sur une analyse qualitative des alternatives et non quantitative comme dans le calcul classique de la fonction d'utilité. Ce travail a fait l'objet de la thèse de G. Meyer, en co-encadrement avec V. Louis à France Telecom R&D.
- La construction automatique de modèles symboliques d'applications (thèse de D. Leray en cours) a pour objectif d'étudier les stratégies possibles d'extraction de modèles de structure et de tâche, spécifiquement dédiés à la Fonction d'Assistance ; dans le projet KIWI (voir page de présentation « [KIWI : an environment for capturing the perceptual cues of an application for an assisting conversational agent](#) », D. Leray prend comme objet des pages web actives construites dynamiquement par des usagers ordinaires (mode blog, wiki, ... avec des outils utilisant la technologie Ajax Web 2.0) pour synthétiser le modèles symbolique d'assistance associé.
- Plus généralement, nous souhaitons élargir l'étude de la réaction rationnelle de l'agent assistant aux requêtes formelles des usagers. Dans ce travail qui fait suite à la thèse de N. Sabouret dans le projet InterViews en 2002 et à celui de G. Meyer en 2006, nous démarrons (avec la thèse de F. Bouchet) une architecture d'agent assistant générique (DAFT) chargé d'intégrer les différentes études citées ci-dessus dans une architecture globale.

Enfin, nous avons été moteur au niveau national dans la création et l'animation avec S. Pesty du LIG, d'un Groupe de Travail au sein du GDR I3, créé en 2004 « Agents Conversationnels Animés » - GT ACA - <http://www.limsi.fr/aca/>. De plus, nous avons développé pour les besoins expérimentaux un « toolkit » (WEBLEA) permettant de déployer des ACA sur des pages web. Ceci a débouché sur des actions en collaboration : a) l'action incitative LIMSI « Agents Gestuels » citée plus haut b) une participation au CAPES-COFECUB Brésil Ma548/07 PRAIA Pedagogical Rational-Affective Interactive Agent (Resp. S. Pesty LIG, Rosa Viccari UFRGS Porto Alegre) et c) une participation sur les aspects agent rationnel au projet IRoom de Digiteo Labs (Resp. Y. Bellik).

Agents Conversationnels pour l'Enseignement

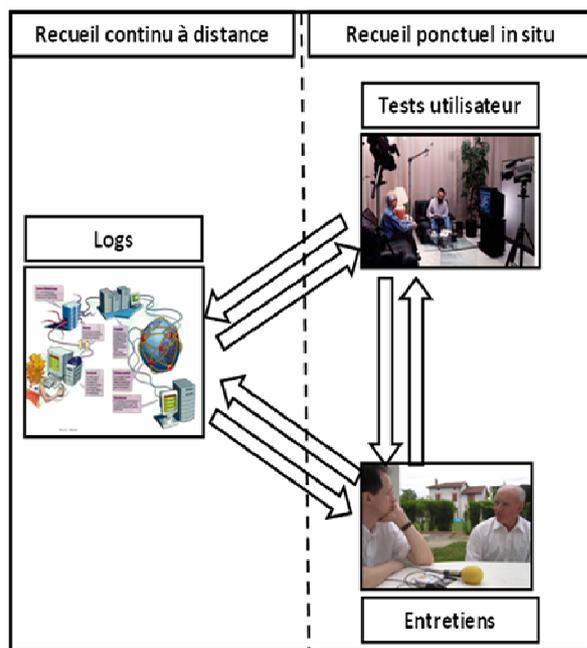
Le logiciel ActiveTutor (voir page de présentation « [Active Tutor](#) ») est un outil d'enseignement intelligemment assisté qui travaille en vraie grandeur sur un vrai problème : l'apprentissage de l'algorithmique objet. Il présente aux apprenants le texte des algorithmes étudiés (dans le langage de leur choix) et une simulation graphique de l'activité en mémoire pendant son exécution. Un ACA intervient quand le besoin s'en fait sentir pour aider l'apprenant, oralement et verbalement. Pour structurer le raisonnement qui déclenche ces interventions et les modifications contextuelles de l'interface graphique, une appréciation du comportement instantané de l'apprenant est nécessaire, ce comportement devant être rapproché dynamiquement d'un grand nombre de comportements d'apprenants antérieurs. En coopération avec les enseignants d'algorithmique et de programmation du département informatique de l'IUT d'Orsay, une collecte de ces comportements a commencé en 2006 et se poursuit de manière plus détaillée dès septembre 2007 sur un peu plus de 200 étudiants découvrant les bases de la programmation. Nous développons simultanément des outils qui permettront d'exploiter la masse considérable d'informations ainsi recueillies et le cœur du composant d'assistance intelligente à l'apprenant. La collecte à l'IUT d'Orsay se fait en coopération avec C. Balkanski (groupe LIR).

Thème Socio-informatique

W.A. Turner, D. Béroule, C. Toffano-Nioche, J.-P. Sansonnet, L. Pointal, M.-F. Castaing, G. Ripoché, S. Buisine, X. Pétard, N. Férey

La socio-informatique développe des méthodes d'analyse et d'évaluation de la contribution des nouvelles technologies à l'émergence et à la structuration des activités collectives. La nouveauté du champ s'explique, d'une part, par l'évolution de l'informatique vers la production d'infrastructures à intelligence ambiante et, d'autre part, par une évolution des idées en SHS quant à la nature des actions collectives. Nous utilisons le concept de pratiques collectives distribuées pour investir ce champ et contribuer, ainsi, aux recherches en cours dans le groupe AMI. Depuis la formation de ce groupe en 2002, ces recherches ont fait émerger un axe qui s'organise aujourd'hui autour de la notion d'une intelligence ambiante. Nous nous efforçons de comprendre comment ces recherches peuvent aider au développement des actions collectives coopératives et efficaces.

Les Pratiques Collectives Distribuées



La socio-informatique développe des méthodes d'analyse pour évaluer la contribution de l'informatique à l'émergence et à la structuration des activités collectives. Elle s'efforce de rendre plus efficace et performante l'assistance apportées aux collectifs géographiquement distribués en faisant interagir entre elles les techniques d'évaluation issues de ces trois disciplines.

Les pratiques que nous étudions sont celles des communautés interagissant plus par des échanges documentaires qu'en face-à-face. On sait empiriquement que la faiblesse de ce type d'interaction réside dans la difficulté de capter et de fixer l'attention des destinataires de messages échangés collectivement et que cette faiblesse est un facteur de défiance portant préjudice aux actions collectives. Notre question est donc de savoir si le groupe AMI peut apporter une solution à ce problème en développant des agents logiciels qui seront, à terme, enchâssés dans les documents du Web sémantique. Nous adoptons une démarche inspirée des recherches en socio-économie de l'innovation.

Ces recherches socio-économiques mettent l'accent sur la distribution des ressources et l'incertitude inhérente aux décisions visant à réunir ces ressources pour mener à bien tel ou tel projet. Il est admis que les pratiques communicationnelles peuvent réduire cette incertitude, mais les critères permettant d'évaluer leur efficacité sont élaborés dynamiquement ; ils ne sont pas donnés une fois pour toutes. D'où le problème qui est le nôtre : la présence des agents multimodaux dans les espaces collectifs implique leur participation active à la coordination des projets ; comment modéliser leur contribution à la réduction des incertitudes et leur influence sur la stabilisation des cours d'action collective ?

La confiance est le maître mot servant à expliquer la cohésion sociale d'un collectif. En théorie, une réduction d'incertitude devrait conduire à une augmentation de la confiance dans la possibilité d'agir collectivement ensemble. La notion de confiance est envisagée ici du point de vue fonctionnel et non pas psychologique. Elle sous-tend qu'il existe des relations structurées entre acteurs, que ces acteurs font des anticipations sur le comportement de leurs partenaires, que leurs relations ont une histoire et un devenir connus de tous. Pour pouvoir fabriquer des infrastructures à intelligence ambiante, nous pensons que des agents logiciels doivent être capables de contribuer à l'émergence et à la stabilisation des pratiques communicationnelles confiantes et coopératives. Nous avons entrepris depuis quatre ans différents types d'études visant à mettre cette hypothèse à l'épreuve.

Etudes portant sur la construction des relations structurées entre acteurs

Nous pensons que le langage employé par des acteurs lors de leurs échanges témoigne de leur intention de construire ou non un climat de confiance et d'entraide collective. Comprendre ces pratiques langagières devrait permettre de contribuer efficacement à la structuration de relations interpersonnelles solides. Afin de tester cette hypothèse, une architecture développée par D. Béroule pour la production de cartes conceptuelles dynamiques est utilisée. D'une part, une situation sociale est modélisée comme étant un flux constamment renouvelé de documents échangés entre acteurs. G. Ripoche a montré dans sa thèse que ces documents peuvent être indexés par des mots chargés d'une valence communicationnelle en fonction de leur utilisation en rapport avec un type donné d'acte du langage (assertion, requête, ordre, promesse, offre,...). D'autre part, une mémoire contextuelle enregistre l'historique des emplois successifs des mots pour acter une forme spécifique d'interaction. Enfin, la coïncidence est calculée entre les mots entrant en vertu de l'arrivée des flux documentaires et de la structure de leurs emplois dans la mémoire contextuelle. Il en résulte un classement de documents selon qu'ils privilégient l'expression d'une attitude peu coopérative (assertions, ordres, commandes,...) ou confiante (promesses, offres d'aide réciproque,...). Différents algorithmes ont été expérimentés pour établir ce classement, dont ceux développés par D. Béroule dans le

cadre de ses travaux sur les réseaux à propagation guidée et ceux développés par M. de Saint Léger et W. Turner pour leurs analyses de réseaux sociaux.

Etudes portant sur la construction d'un sens commun

Une communication s'organise autour de l'information qui doit être échangée mais, pour être effective, elle doit tenir compte des contraintes d'expertise, de technicité, de conventions sociales, de normes et de réglementations qui définissent le contexte dans laquelle elle s'inscrit. C'est l'action d'articuler ces différentes contraintes – de parvenir à une représentation partagée des bonnes pratiques communicatives dans un contexte donné – que désigne le terme « construction d'un sens commun ». Comme l'a montré X. Pétard dans sa thèse, l'étude des mécanismes de cette construction permet de comprendre l'émergence de formes particulières d'usage des infrastructures informationnelles. Nous avons engagé ce type d'étude avec C. Toffano-Nioche du LRI et un stagiaire, A. Lemaçon, en vue de comprendre les conditions d'usage des techniques de la réalité virtuelle pour stabiliser des pratiques communicatives en biologie. Les techniques expérimentées, G3DExplorer, ont été développées par N. Férey et utilise le dispositif immersif de l'action transversale VENISE. Ces techniques apportent une solution aux problèmes de visualisation des données, de gestion de scène et d'interaction collective dans un contexte immersif. Nous cherchons à évaluer leur contribution à la fabrication collective d'ontologies dans des secteurs spécialisés de la recherche biologique.

Etudes portant sur l'intégration des usages en conception

La production d'assistants logiciels mobiles ou incorporés dans les objets usuels de notre environnement devrait, à terme, nous apporter un pouvoir de calcul où que l'on se trouve et quelles que soient les circonstances. Dans le cadre d'un projet RIAM-ANR, nous avons en charge l'étude d'usage d'un décodeur numérique rendu intelligent par l'apprentissage des comportements de familles devant leurs postes de télévision. Les données servant à l'apprentissage sont issues de la fusion des logs (traçage de l'activité numérique du décodeur) et des émissions de télévision visionnées, qui sont résumées par quelques variables (chaîne, thème,...) afin d'établir des profils de goûts des téléspectateurs. Un agent logiciel exploite ces résultats afin d'offrir en retour aux téléspectateurs un service de recommandation des contenus ou de mémorisation. Enfin, J. Marlier, travaillant en étroite collaboration avec S. Buisine du Laboratoire de Conception de Produits et Innovations – ENSAM Paris, a conçu et développe un dispositif qui combine des méthodes d'analyse des usages issues de l'ergonomie et de la sociologie en vue d'évaluer in situ l'assistance réelle apportée aux familles afin d'améliorer le service de recommandation en continu (voir page de présentation « [Incorporating intelligent agents into ordinary objects : methods and measures for studying family use of digital TVs](#) ». Cette étude nous oblige à 1.) Sortir du laboratoire afin de privilégier des analyses in situ et en continu ; 2.) Faire interagir entre elles des méthodes issues de l'informatique (logs, fouilles de données), de l'ergonomie (tests utilisateurs) et de la sociologie (entretiens collectifs), pour permettre une analyse d'usage qui ne soit pas trop intrusives pour les usagers ; 3.) Automatiser le plus possible la collecte des informations afin d'intégrer en temps réel des résultats d'usage en conception et, symétriquement, de créer pour la conception un référentiel commun de ce que peuvent être les attentes des usagers. Avec le développement des infrastructures à intelligence ambiante, nous pensons que l'intégration des usages en conception passera par la qualité des dispositifs d'analyse et d'évaluation développés pour traiter ces questions.

Diaspora Knowledge Networks

L'équipe socio-informatique coordonne pour l'UNESCO un réseau de recherche, de formation et d'action publique sur le thème Diasporas et Développement des Pays et Régions d'Origine. Il développe, en collaboration notamment avec l'Université de Marne la Vallée, le Knowledge Média Institute de l'Open University en Angleterre et l'Institut de Recherche pour le Développement en France, un cadre conceptuel et méthodologique visant à nourrir un large débat entre les acteurs du développement (chercheurs, pouvoirs publics, ONG et société civile) sur les conditions d'une gestion assistée par ordinateur des savoirs et des compétences indispensables pour le développement, et sur le rôle que peuvent jouer les Diasporas dans cette gestion.

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Yacine	Bellik	Ens-Ch	MC	Paris XI
Dominique	Beroule	Ch	CR1	CNRS
Marie-Françoise	Castaing	ITA	IR2	CNRS
Jean-Pierre	Fournier	Ens-Ch	MC	Paris XI
Christian	Jacquemin	Ens-Ch	Pr2	Paris XI
Jean-Claude	Martin	Ens-Ch	MC	Paris VIII
Jean-Paul	Sansonnet	Ch	DR1	CNRS
William	Turner	ITA	IR1	CNRS
Frédéric	Vernier	Ens-Ch	MC	Paris XI

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Rami	Ajaj	Informatique	Paris XI
Guillaume	Besacier	Informatique	Paris XI
François	Bouchet	Informatique	Paris XI
David	Leray	Informatique	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Xianyong	Fang	Post-Doc

Participation à des instances

Instances d'évaluation ou d'expertise

Y. Bellik est :

- Expert pour l'ANR
- Reviewer pour EURASIP JASP (Journal on Applied Signal Processing)
- Reviewer pour Kluwer Academic Publishers
- Reviewer pour UAIS Journal (Universal Access in the Information Society)
- Reviewer pour JNLE (Journal for Natural Language Engineering)
- Reviewer pour SCI 2003 (Systemics, Cybernetics and Informatics)
- Reviewer pour CAPS 2003
- Membre du comité de rédaction de RIHM (Revue d'Interaction Homme-Machine)
- Responsables des articles courts d'IHM 2004
- Membre du comité de programme d'IHM 2004
- Reviewer pour la revue TSI
- Reviewer pour IJWBC (International Journal of Web Based Communities)
- Membre du comité de programme d'IE'08, Fourth IET International Conference on Intelligent Environments.
- Membre du comité de lecture IE'07, Third IET International Conference on Intelligent Environments, Ulm, Germany, 24-25 Sept. 2007.
- Membre du comité scientifique de PIT08, 4th IEEE Tutorial and Research Workshop on PERCEPTION AND INTERACTIVE TECHNOLOGIES FOR SPEECH-BASED SYSTEMS
- Membre du comité de programme d'IHM 2007

J.-P. Sansonnet est :

- Expert pour le cluster scientifique Rhône-Alpes, 05-07
- Président Conseil Scientifique du cluster ISLE Rhône-Alpes 2007
- Expert pour les projets de la campagne ANR 2005 (6 projets), sept 2005 puis Evaluator pour la campagne 2006 – Evaluator pour la campagne 2007 (CORPUS –SHS)
- Expert pour le BQE Université de Méditerranée, juin 2005
- Expert pour les projets COFECUB (France-Brésil), 2003 -2004
- Membre du comité scientifique de la revue TSI
- Membre du Comité scientifique des conférences : MFI 2005, JFIADSMA 2004-2007, JMAC 2005, EUMAS 2005-2006, ICALP 2005
- En 2004, J.-P. Sansonnet a créé avec S. Pesty du Leibniz le Groupe de Travail sur les Agents Conversationnels Animés (GT ACA)
- Organisation du premier colloque WACA 01 avec S. Pesty 13-14 juin 2005

J.-C. Martin est :

- Editeur du numéro spécial du journal international Language Resources and Evaluation sur les Corpus Multimodaux à paraître en 2008
- Area editor du Journal of Multimodal User Interfaces, section « Embodied Agents »
- Co-organisateur de la 7ème conférence internationale « Intelligent Virtual Agents 2007 » à Paris (130 participants)
- Co-président de GALA'07
- Co-organisateur de la réunion plénière finale du réseau d'excellence Humaine dans les locaux du CNRS à Paris (140 personnes)
- Reviewer pour les journaux suivants : STICEF
- Reviewer pour les conférences suivantes : ACII 07 (International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction), ICMI 07 (International Conference on Multimodal Interfaces), Interspeech 07 (European Conference on Speech Communication and Technology), IHM 07 (French Conference on Human-Computer Interaction), MLMI, Nodalia
- Membre du groupe de travail du W3C Emotion Incubator Group
- Co-organisateur du workshop LREC 06 sur les Corpus Multimodaux
- Co-organisateur du workshop LREC 06 sur les Corpus Emotionnels
- Expert pour l'appel à projet 2006 de l'ANR

C. Jacquemin a participé aux comités scientifiques et comités de programme suivants :

- Coéditeur de la revue Natural Language Engineering (1999-2005)
- Relecteur pour la revue I3 (2 articles en 2005)
- Relecteur pour la revue Document Numérique (3 articles en 2006)
- Relecteur pour la revue TSI (1 article en 2007)
- Relecteur pour la revue Intellectica (1 article en 2007)
- Relecteur pour la revue Computational Intelligence (1 article en 2005)
- Expert pour les projets de la campagne ANR 2005 (1 projet), sept 2005
- Membre comité de programme de la conférence H2PTM (hypertextes et hypermédias) en 2005, 2006 et 2007
- Membre comité de programme de la conférence ECG (Journées francophones extraction et gestion des connaissances) en 2006

Instances d'administration de la recherche

Y. Bellik est :

- Animateur du Groupe de travail « Interaction Multimodale » G.T 4.3 du GDR I3
- Membre titulaire de la commission de spécialistes 27^{ème} section, Université Paris-Sud 11 (2001-2006)
- Membre titulaire de la commission de spécialistes 27^{ème} section, Université Paris-Sud 11 (2006-...)
- Membre suppléant de la commission de spécialistes 25-26-27^{ème} section, de l'Université de Nouvelle Calédonie (2004-2006)
- Membre du Conseil de Laboratoire du LIMSI
- Membre associé de l'action transversale VENISE du LIMSI
- Membre de l'Association Francophone d'Interaction Homme-Machine (AFIHM)

C. Jacquemin est :

- Membre suppléant de la commission de spécialistes 27^{ème} section, Université Paris-Sud 11 (2001-2006)
- Membre suppléant de la commission de spécialistes 25-26-27^{ème} sections, de l'Université de Nouvelle Calédonie (2004-2006)
- Membre du conseil scientifique du laboratoire LIST du CEA (2005-2006)
- Membre du Conseil de Laboratoire du LIMSI (2005-)
- Membre du Comité d'Orientation du réseau RIAM (2000-2006)

- Responsable du Master Professionnel d'Informatique de l'Université Paris-Sud 11 (2000-2005)
- Responsable de la première année d'apprentissage à l'IFIPS de l'Université Paris-Sud 11 (2000-2005)
- Vice-président du département Informatique de l'Université Paris-Sud 11 (2005-)
- Membre associé de l'action transversale VENISE du LIMSI (2003-2007)

F. Vernier est :

- Responsable pédagogique de la 4^{ème} Année de la FIIFO

M.-F. Castaing est :

- Membre du groupe mixte de travail animé par la Direction Générale des Ressources Humaines du CNRS sur l'évaluation des ITA
- Membre du comité d'organisation et du comité scientifique du prochain Workshop 2006 à Berlin

W. Turner est :

- Membre des Comités de Programme : COOP'2006, IC'2006
- Membre du Comité éditorial de la Revue d'Anthropologie des Connaissances
- Expert ANR – Corpus
- Coordinateur du Projet « Diaspora Knowledge Networks » dans le cadre du Programme d'UNESCO sur les Migrations Internationales
- Membre des Comités de Programme IC'2007, COOP'2007, Pragmatic Web 2007, IC'2008

J.-P Sansonnet est :

- Membre de la commission d'enseignement de Supélec (section informatique)
- Membre du Conseil Scientifique de la section Informatique de Supélec 2006 - 2007
- Membre suppléant de la Commission de spécialistes 27^{ème} section de l'Université d'Orléans (jusqu'en juin 2004)
- Membre suppléant de la Commission de spécialistes 7^{ème} section de l'Université de Paris 4 Sorbonne

J.-C. Martin :

- Membre élu de l'association internationale Humaine sur les émotions dans les interactions homme-machine

Enseignement et diffusion des connaissances

- Y. Bellik : Chargé de cours dans le Master « Technologies et Handicap » de l'Université Paris 8, 2005 ; responsable de matière (Langage) à l'IUT d'Orsay depuis 2003 ; 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 2003. Chargé de cours, TD et TP en « Algorithmique Graphique » à l'IUT d'Orsay depuis 2006. Responsable de la formation continue au département Informatique de l'IUT d'Orsay depuis 2006. Membre du bureau du département Info à l'IUT d'Orsay
- C. Jacquemin est ou a été récemment responsable des enseignements suivants: « Images numériques » en Licence 1 (2001-), « Informatique Graphique » en Licence 3 (2000-2006), « Indexation et recherche d'information » en Master Professionnel (2000-2005), « Rendu Graphique Avancé » en Master Professionnel et Master Recherche (2004-), « Études de Cas » en Master Professionnel, « Informatique Graphique » à l'IFIPS 1 (2006-), « Graphisme et Multimédia » à l'IFIPS 1 (2005-2006). Il a participé à l'accueil de TER stages et à « Visualisation d'Information » en Master Professionnel et Master Recherche
- W. Turner : Université Marne la Vallée, Master « Ingénierie de l'information, de la décision et de la connaissance » Mention : Information élaborée
- J.-P. Sansonnet est responsable du cours « Systèmes Multi-agents » Master informatique de Paris-Sud et du cours « Architectures et Modèles pour l'Interaction » à Supélec en 3^{ème} année
- J.-P. Fournier est co-responsable des cours de langage Java en 2^{ème} Année à l'IUT d'Orsay, co-responsable des cours d'algorithmique en année spéciale à l'IUT d'Orsay, responsable des cours de Java en année spéciale à l'IUT d'Orsay, responsable des cours d'algorithmique objet pour les étudiants de formation continue en 2^{ème} Année de cycle ingénieur de l'Ifips
- J.-C. Martin intervient sur les Interfaces Homme-Machine Multimodales dans plusieurs formations : Master recherche d'Informatique de Paris-Sud : module « Systèmes Multi-Agents » (J.P. Sansonnet). Master professionnel « Nouvelles Technologies et Handicap » (resp. J.L. Krahe), Paris 8. Master professionnel Master « Sciences et technologies mention Systèmes Informatiques et Génie Electrique » (SIGE), spécialité Systèmes Informatiques Intelligents et Communicants, Université de Cergy. Master recherche « Psychologie Clinique » de Paris 8, 2h de cours en 2005 (Marc Dovero). Master professionnel « Nouvelles Thérapies et Neurosciences » (resp. O. Grynspan). Télécom Paris. ENSTA

- L. Poinat: 2006-2007: encadrement de TPs d'informatique scientifique dans le département de Mesures Physiques de l'IUT d'Orsay-Paris Sud

Diffusion et vulgarisation

Y. Bellik :

- Présentation du TéléTact II, Cité des sciences et de l'industrie de la Villette, Fête de la Science 2003, 19 Oct. 2003
- Article sur le TéléTact dans Dossier SagaScience : « Science et Handicap », <http://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doshand/decouvrir/percevoir/teletact.html>
- Article sur le TéléTact dans EurekaWeb, <http://eurekaweб.free.fr/va1-teletact.htm>

J-P Sansonnet : Journée : « Intelligence Artificielle et Dialogue Homme-Machine », animation d'un débat « Rencontres Sciences et Citoyen d'Ile de France », Bobigny, 3 avril 2004

- M. de Saint Léger, W. Turner « Mesure de l'apport informationnel des corpus à l'organisation de l'activité collective ». Congrès SFBA, Ile Rousse 2005
- M. de Saint Léger, K. M. van Meter. « Cartographie du premier congrès de l'AFS avec la méthode des mots associés ». Bulletin de Méthodologie Sociologique (BMS), vol.85, janvier 2005 pp 44-67

Jean-Claude Martin :

- Journaux:
- Interview of L. Devillers and J.-C. Martin by Pierre Le Hir in "Le Monde", June 23rd 2007
- Interview of L. Devillers and J.-C. Martin by B. de la Perrière, Journal du CNRS, issue 212, Septembre 2007, "Les robots à l'école des émotions", page 33, <http://www2.cnrs.fr/presse/journal/3538.htm>
- Communiqué Agence France Presse
- Ecran total, "Vers des médias émotionnels" by P. Loranchet, 22 August 2007, page 10.
- SLTC eNewsletter Summer 2007, interview by M. Schroeder <http://www.ewh.ieee.org/soc/sps/stc/News/NL0707/index.htm>
- Radio: series of interviews on the RFI channel (Radio France International) with Dominique Delaunay in the Multimedia Magazine « nec plus ultra » (L. Devillers, J.-C. Martin, C. Pelachaud, B. Morel), July 2007
- Télévision: France 2, « Science on tourne » (L. Devillers & J.-C. Martin), October 2007.

Collaborations de recherche

Y. Bellik, C. Rousseau, F. Vernier ont collaboré avec le CLIPS-IMAG (L. Nigay et J. Bouchet), le LIIHS-IRIT (D. Navarre, P. Palanque et R. Bastide), Thalès-Avionics (T. Ganille, D. Philippon, C. Nouvel, F. Michel et A. Léger) et la DGA (D. Bazalgette) dans le cadre du projet INTUITION.

Y. Bellik :

- collaboration avec l'équipe du Professeur C. Tadj de l'École de Technologie Supérieure de Montréal (ETS), avec co-encadrement de la thèse de A. Awdé sur le thème de l'accès aux mathématiques pour les non-voyants
- collaboration avec l'équipe de Y. Bourda de Supélec (École Supérieure d'Électricité), avec co-encadrement de la thèse de C. Jacquet sur le thème de l'informatique ambiante
- collaboration avec l'équipe de Y. Bourda de Supélec (École Supérieure d'Électricité) dans le cadre du projet Digitéo IRoom (pièce intelligente).
- collaboration avec l'université d'Ulm (Allemagne) pour la mise en place de la proposition acceptée de projet européen ATRACO, 2007. Thème : Adaptive and Trusted Ambient Ecologies.

C. Jacquemin :

- Collaborations avec des laboratoires :
 - CEREMADE Paris 12 (Edwin Diday, Mohamed Rahal)
 - IRCAM (Norbert Schnell, Diemo Schwarz)
 - CICM, MSH Paris Nord (Anne Sedes)
 - LIP6 (Ludovic Denoyer)
 - LINC, Paris 8 (Catherine Pelachaud)
 - In Situ, INRIA (Emmanuel Pietrigra et Jean-Daniel Fekete)
 - CEA (Gael de Chalendar)
- Participation au Réseau Thématique Pluridisciplinaires ARTISTIC sur les applications artistiques des STIC (responsable B. Stiegler, 2003-2004)
- Responsabilité d'un projet Société de l'Information sur la Visualisation dynamique de textes, laboratoires participants : LIP6, IRIT, ERSS, LPEQ et LIMSI (2003-2005)
- Participation à l'Action Incitative Têtes Parlantes (responsable J.-C. Martin)
- Coresponsable avec N. Roussel d'un BQR financier entre le LIMSI et le LRI sur l'édition collaborative de documents XML (2004)

- Collaborations artistiques : conseil scientifique et technique dans la réalisation de l'oeuvre immersive mar:3D de B. Planes présentée à la SIART 2005 (La Paz) en collaboration avec l'AFAA (Association Française d'Action Artistique) et avec l'ambassade de France à la Paz

F. Vernier :

- Université de Toronto (Daniel Wigdor)
- Université de Stanford (Meredith Ringel-Morris)
- Université de Calgary (Mark Hancock et Sheelagh Carpendale)
- Université du MIT (Jeana Frost & Stacey Scott)
- MERL (Chia Shen, Kathy Ryall, Neal Lesh et Cliff Forlines)

W. Turner :

- Université d'Illinois à Urbana-Champaign (équipe de Les Gasser, Graduate School of Library and Information Science)
- Université Technologique de Troyes (équipe de Manuel Zacklad, Tech-CICO)
- Center for Science, Technology and Society at the University of Santa Clara, California (director, Geof Bowker)
- ENSAM – Laboratoire de Conception de Produits et Innovation
- Laboratoire de Recherche en Informatique, Université de Paris-Sud 11

J.-P. Sansonnet collabore avec l'équipe de V. Louis à France Telecom R&D à Lannion, avec co-encadrement de la thèse de G. Meyer sur la décision dans les agents rationnels. Collaboration avec S. Pesty au LIG dans le cadre du COFECUB France-Brésil Ma548/07. Collaboration avec l'équipe de Y. Bourda à Supelec (co-encadrement de thèses : Ch. Jacquet, O. Asfari).

J.-C. Martin :

- Université Paris 8 (C. Pelachaud), Queen's University of Belfast (R. & E. Cowie), E. André (Université d'Augsburg), ICCS (Greece) (Réseau d'excellence Humaine)
- Equipe « Développement et Psychopathologie » du Laboratoire Vulnérabilité, Adaptation et Psychopathologie à La Salpêtrière, CNRS UMR 7593 (J. Nadel, O. Grynszpan)
- ENSAM (S. Buisine)
- coordonne l'Action Incitative « Tête Parlante » du LIMSI

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
22/05/2006	21/01/2007	Visages Parlants	Autre	France Télécom	-	Martin Jean-Claude	Mise à disposition
01/01/2004	31/12/2007	HUMAINE	NOE	UE	124 000 €	Martin Jean-Claude	Contrat avec la commission européenne
12/09/2002	02/10/2007		Autre	Université Paris VIII	-	Sansonnet Jean-Paul	Collaboration de recherche
31/01/2003	30/01/2006	INTUITION	Autre	Thales Avionics	101 000 €	Bellik Yacine	Collaboration de recherche
15/01/2004	15/01/2007		Autre	SUPELEC	-	Bellik Yacine	Collaboration de recherche
07/09/2004	06/09/2007	NEUROSCIENCES	ACI Neurosciences intégratives et computationnelles	CNRS-MRT	15 990 €	Beroule Dominique	Collaboration de recherche
20/01/2005	19/01/2008		Autre	ETS	-	Bellik Yacine	Collaboration de recherche
13/05/2005	12/05/2006	DKN	Autre	ICSSD-UNESCO	24 247 €	Turner William	Collaboration de recherche
07/10/2005	06/10/2009	Netsuds	GDRI	CNRS	-	Turner William	Collaboration de recherche
01/12/2005	30/11/2007	DIGITABLE	RNTL	ANR	99 892 €	François Coldefy	Collaboration de recherche
05/12/2005	05/09/2008	BUIS	RIAM	ANR	112 840 €	Jean-Jacques Hennin	Collaboration de recherche
19/12/2005	19/05/2008	SEVEN	RNTL	ANR	162 677 €	Sylvaine Nugier	Collaboration de recherche
19/12/2005	30/06/2009	WEBCONTENT	RNTL	ANR	58 240 €	Georges Grefenstette	Collaboration de recherche
01/12/2006	30/11/2008	SOUND DELTA	RIAM	ANR	135 507 €	Georges-François David	Collaboration de recherche
01/10/2007	30/09/2008	IROOM	Projet Emergent	Digiteo	56 236 €	Bellik Yacine	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2009	VIRAGE	RIAM	ANR	80 018 €	Baltazar Pascal	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2010	CARE	RIAM	ANR	92 560 €	De La Rivière Jean-Baptiste	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Abrilian, S., *Représentation de comportements émotionnels multimodaux spontanés : perception, annotation et synthèse*. 2007, Université Paris-Sud/LIMSI.
2. Bellik, Y., *Présentation multimodale de l'information, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
3. Buisine, S., *Conception et évaluation d'agents conversationnels multimodaux bidirectionnels. Thèse Doct Psychologie Cognitive - Ergonomie*. 2005, Univ Paris 5/LIMSI.
4. Grynszpan, O., *Interfaces homme-machines multimédias : conception d'applications éducatives adaptées à l'autisme de haut niveau*. 2005, Université Paris Sud/LIMSI. Notes et Documents LIMSI 2005-16.
5. Jacquet, C., *Présentation opportuniste et multimodale d'informations dans le cadre de l'intelligence ambiante*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
6. Martin, J.C., *Multimodal human-computer interfaces and individual differences: perception, representation and generation of situated multimodal behaviors, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2006, Université Paris 8/LIMSI.

7. Ripoche, G., *Sur les traces de Bugzilla : vers une analyse automatisée des interactions pour l'étude des pratiques collectives distribuées*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.

8. Rousseau, C., *Présentation multimodale et contextuelle de l'information*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.

Revue à comité de lecture

1. Buisine, S. and J.C. Martin, *The effects of speech-gesture co-operation in animated agents' behaviour in multimedia presentations*. *Interacting with Computers: The interdisciplinary journal of Human-Computer Interaction*, 2007. **19**: p. 484-493.

2. de Saint-Léger, M., *Cartographie du premier congrès de l'AFS avec la méthode des mots associés*. *Bulletin de méthodologie sociologique*, 2005(85): p. 44-67.

3. Grynspan, O., J.C. Martin, and J. Nadel, *Développement et évaluation de jeux dialogiques émotionnels*. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 2006. **20**(4-5): p. 639-663.

4. Grynspan, O., J.C. Martin, and J. Nadel, *Exploring the Influence of Task Assignment and Output Modalities on Computerized training for Autism*. *Interaction Studies: Social Behaviour and Communication in Biological and Artificial Systems*, 2007. **8**(2): p. 241-266.

5. Jacquemin, C., H. Folch, K. Garcia, and S. Nugier, *Visualisation interactive d'espaces documentaires*. *Revue I3*, 2005. **5**(1): p. 59-84.

6. Jacquemin, C. and G. Gagneré, *Revisiting the Layer/Mask Paradigm for Augmented Scenery*. *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, 2007. **2**(3): p. 237-258.

7. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda, *KUP, un modèle pour la présentation multimodale et opportuniste d'informations en situation de mobilité*. *ISI (Ingénierie des Systèmes d'Information)*, 2006. **11**(5): p. 115-140.

8. Jacquet, C., Y. Bourda, and Y. Bellik, *A component-based platform for accessing context in ubiquitous computing applications*. *Journal of Ubiquitous Computing and Intelligence*, 2006 (Special issue "Ubiquitous intelligence in real worlds").

9. Martin, J.C., S. Abrilian, L. Devillers, M. Lamolle, M. Mancini, and C. Pelachaud, *Du corpus video à l'agent expressif*. *Revue d'Intelligence Artificielle*, 2006. **20**(4-5): p. 477-498.

10. Martin, J.C., S. Buisine, G. Pitel, and N.O. Bernsen, *Fusion of children's speech and 2D gestures when conversing with 3D characters*. *Signal Processing - Special issue: Multimodal Human-Computer Interfaces*, 2006. **86**(12): p. 3596-3624.

11. Martin, J.C., G. Caridakis, L. Devillers, K. Karpouzis, and S. Abrilian, *Manual annotation and automatic image processing of multimodal emotional behaviors : validating the annotation of TV interviews*. *Personal and Ubiquitous Computing*, 2007. **Accepted 2007**: p. 8.

12. Martin, J.C., R. Niewiadomski, L. Devillers, S. Buisine, and C. Pelachaud, *Multimodal complex emotions : gesture expressivity and blended facial expressions*. *International Journal of Humanoid Robotics*, 2006. **3**(3): p. 269-291.

13. Ripoche, G. and J.-P. Sansonnet, *Experiences in automating the analysis of linguistic interactions for the study of distributed collectives*. *Journal of Computer Supported Work - Special issue on distributed collective practices*, 2006. **15**(2-3): p. 149-183.

14. Rousseau, C., Y. Bellik, and F. Vernier, *Un modèle conceptuel pour une présentation multimodale et contextuelle de l'information*. *RIHM (Revue d'Interaction Homme-Machine)*, 2006. **7**(2): p. 28.

15. Rousseau, C., Y. Bellik, F. Vernier, and D. Bazalgette, *A framework for the intelligent multimodal presentation of information*. *Signal Processing Journal*, 2006. **86**(12): p. 3696-3713.

16. Ryall, K., A. Esenther, C. Forlines, C. Shen, S. Shipman, M.M. Ringel, K. Everitt, and F. Vernier, *Identity-differentiating widgets for multiuser interactive surfaces*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2006. **26**(5): p. 56-64.

17. Shen, C., K. Ryall, C. Forlines, A. Esenther, F. Vernier, K. Everitt, M. Wu, D. Wigdor, M.M. Ringel, M.S. Hancock, and E. Tse, *Informing the design of direct-touch tabletops*. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 2006. **26**(5): p. 36-46.

18. Turner, W.A., G. Bowker, L. Gasser, and M. Zacklad, *Information infrastructures for distributed collective practices*. *Computer Supported Cooperative Work*, 2006. **15**(2-3): p. 93-110.

19. Turner, W.A. and L. Lancieri, *Interaction humaine dans les réseaux*. *Information Interaction Intelligence*, 2005. **5**(2): p. 65-69.

Livres et ouvrages

Ouvrages individuels

1. Fournier, J.P., *Algorithmique objet*. 2005: Vuibert éditions.

Ouvrages collectifs

1. Pelachaud, C., J.C. Martin, E. André, G. Chollet, K. Karpouzis, and D. Pelé, eds. *LNAI 4722 - Intelligent Virtual Agents : proceedings of the 7th International Conference (IVA 2007)*. 2007. 425p.

Chapitres d'ouvrage

1. Castaing, M.F., *Die Informations- und Kommunikations- technologien oder Wie Technologien die Gesellschaft transformieren*, in *digitale Medien - neue Möglichkeiten für Demokratie und Partizipation ?*, R.V. Fleissner P, Editor. 2007, NETWORK MAGAZINE (Incorporating Data Communications). p. 99-116.
2. Grau, B., O. Ferret, M. Hurault-Plantet, C. Jacquemin, L. Monceaux, I. Robba, and A. Vilnat, *Coping with alternate formulations of questions and answers*, in *Advances in open domain question answering*, T. Strzalkowski and S. Harabagiu, Editors. 2006, Springer. p. 189-226.
3. Jacquemin, C. and G. Gagneré, *Image de synthèse temps réel pour la performance augmentée dans le spectacle vivant : une interface de conception et de contrôle à base de calques physiques*, in *Interfaces numériques*, I. Saleh and D. Regottaz, Editors. 2007, Hermès;Lavoisier. p. 15p.
4. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda, *Electronic locomotion aids for the blind : towards more assistive systems*, in *Studie in Computational Intelligence, Vol.19 : Intelligent paradigms in assistive and preventive healthcare*, N. Ichalkaranje, I. Ichalkaranje, and L.C. Jain, Editors. 2006, Springer Verlag. p. 133-163.
5. Turner, W.A., *Eléments pour une socio-informatique*, in *Humanités numériques, Vol. 2 : socio-informatique et démocratie cognitive (Traité IC2, série cognition et traitement de l'information)*, C. Brossaud and B. Reber, Editors. 2007, Hermès.
6. Virbel, J., C. Garcia-Debanc, T. Baccino, L. Carrio, C. Dominguez, C. Jacquemin, C. Luc, M. Mojahid, M.-P. Pery-Woodley, and S. Schmid, *Approches cognitives de la spatialisation du langage*, in *Agir dans l'espace (Chap 12)*, C. Thinus-Blanc and J. Bullier, Editors. 2006, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme. p. 233-254.

Conférences à comité de lecture

1. Abrilian, S., L. Devillers, S. Buisine, and J.C. Martin. *EmoTV1 : annotation of real-life emotions for the specification of multimodal affective interfaces*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
2. Abrilian, S., L. Devillers, and J.C. Martin. *Annotation of emotions in real-life video interviews : variability between coders*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
3. Abrilian, S., J.C. Martin, and L. Devillers. *A corpus-based approach for the modeling of multimodal emotional behaviors for the specification of embodied agents*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
4. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, C. Jacquemin, and M. Denis. *A study of spatial cognition in an immersive virtual audio environment : comparing blind and blindfolded individuals*. in *ICAD'05. The International Conference on Auditory Display*. 2005.
5. Ajaj, R., C. Jacquemin, and F. Vernier. *User collaboration for 3D manipulation through multiple shared 2D and 3D views*. in *VRIC Virtual Reality International Conference*. 2007.
6. Awde, A., M. Dulva Hina, Y. Bellik, A. Ramdane-Cherif, and C. Tadj. *Task migration in a pervasive multimodal multimedia computing system for visually-impaired users*. in *GPC 2007. International Conference on Grid and Pervasive Computing*. 2007.
7. Awde, A., M. Dulva Hina, C. Tadj, A. Ramdane-Cherif, and Y. Bellik. *A paradigm of a pervasive multimodal multimedia computing system for the visually-impaired users*. in *GPC 2006. International Conference on Grid and Pervasive Computing*. 2006.
8. Awde, A., M. Dulva Hina, C. Tadj, A. Ramdane-Cherif, and Y. Bellik. *Information access in a multimodal multimedia computing system for mobile visually-impaired users*. in *IEEE-ISIE 2006. IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. 2006.
9. Bastide, R., L. Nigay, D. Bazalgette, Y. Bellik, and C. Nouvel. *The INTUITION design process : structuring military multimodal interactive cockpits design according to the MVC design pattern*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.

10. Bonneaud, S., G. Ripoche, and J.-P. Sansonnet. *Toward an empirical schema-based model of interaction for embedded conversational agents*. in *AISB 2005 Symposium. Conversational Informatics for Supporting Social Intelligence & Interaction*. 2005.
11. Bouchet, F. *Caractérisation d'un corpus de requêtes d'assistance*. in *RECITAL'07. Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues 2007*.
12. Bouchet, F. and J.-P. Sansonnet. *Caractérisation de requêtes d'assistance à partir de corpus*. in *MFI'07. Quatrième Journées Francophones Modèles Formels de l'Interaction*. 2007.
13. Buisine, S., S. Abrilian, R. Niewiadomski, J.C. Martin, L. Devillers, and C. Pelachaud. *Perception d'émotions mélangées : du corpus vidéo à l'agent expressif*. in *WACA'06 second Workshop francophone sur les Agents Conversationnels Animés*. 2006.
14. Buisine, S., S. Abrilian, R. Niewiadomski, J.C. Martin, L. Devillers, and C. Pelachaud. *Perception of blended emotions : from video corpus to expressive agent*. in *IVA 2006. 6th International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2006.
15. Buisine, S., A. Aoussat, and J.C. Martin. *Embodied creative agents : a preliminary social-cognitive framework*. in *IVA 2007. 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents*. Paru dans : *LNAI 4722, Springer*. 2007.
16. Buisine, S. and J.C. Martin. *Comment un agent conversationnel doit-il naviguer dans un environnement 3D ?* in *WACA'05 premier Workshop francophone sur les Agents Conversationnels Animés*. 2005.
17. Buisine, S. and J.C. Martin. *Children's and adult's multimodal interaction with 2D conversational agents*. in *CHI'2005 Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2005.
18. Buisine, S. and J.C. Martin. *L'étude du corpus par analyse en composantes principales*. in *WACA'06 second Workshop francophone sur les Agents Conversationnels Animés*. 2006.
19. Buisine, S., J.C. Martin, and N.O. Bensen. *Children's gesture and speech in conversation with 3D characters*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
20. de Saint-Leger, M. and W.A. Turner. *Mesure de l'apport informationnel des corpus à l'organisation de l'activité collective*. in *Journées de la Société Française de Bibliométrie Appliquées : Journées sur les Systèmes d'Information Elaborée*. 2005.
21. Devillers, L., S. Abrilian, and J.C. Martin. *Representing real-life emotions in audiovisual data with non basic emotional patterns and context features*. in *ACII'2005. 1st International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*. 2005.
22. Devillers, L., R. Cowie, J.C. Martin, E. Douglas-Cowie, S. Abrilian, and M. Mc Rorie. *Real life emotions in French and English TV video clips : an integrated annotation protocol combining continuous and discrete approaches*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
23. Douglas-Cowie, E., R. Cowie, I. Sneddon, C. Cox, O. Lowry, M. McRorie, J.C. Martin, L. Devillers, S. Abrilian, A. Batliner, N. Amir, and K. Karpouzis. *The HUMAINE database : addressing the needs of the affective computing community*. in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Paru dans : *LNCS 4738, Springer*. 2007.
24. Douglas-Cowie, E., C. Devillers, J.C. Martin, R. Cowie, S. Savvidou, S. Abrilian, and C. Cox. *Multimodal databases of everyday emotion : facing up to complexity*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
25. Farouk, M., J.H. Réty, N. Bensimon, and J.C. Martin. *Définition d'un agent pédagogique par analyse et annotation de corpus vidéo*. in *EIAH'2007 3ème conférence en Environnement Informatique pour l'Apprentissage Humain*. 2007.
26. Férey, N., C. Toffano-Nioche, O. Matte-Tailliez, R. Gherbi, and W.A. Turner. *REVIVOS : REAlité VIRTuelle pour la construction de Vocabulaire Spécialisés*. in *IC'2007. 18ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*. 2007.
27. Forlines, C., C. Shen, F. Vernier, and M. Wu. *Under my finger : human factors in pushing and rotating documents across the table*. in *INTERACT'05. Tenth IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
28. Fournier, J.P. *ActiveTutor*. in *ICALT 2005. The 5th IEEE International Conference an Advanced Learning Technologies*. 2005.
29. Fournier, J.P. and J.-P. Sansonnet. *Active tutor : embedding rational conversational agents into an active tutorial tool*. in *ICHSL_5. Fifth International Conference on Human System Learning*. 2005.
30. Grynspan, O. and J.C. Martin. *What influences human computer interaction in autism?* in *ICDL 2007 6th IEEE International Conference on Development and Learning*. 2007.
31. Grynspan, O., J.C. Martin, and J. Nadel. *Using facial expressions depicting emotions in a human-computer interface for people with autism*. in *IVA'2005 5th International Working Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2005.

32. Grynspan, O., J.C. Martin, and J. Nadel. *Human computer interfaces for autism: assessing the influence of task assignment and output modalities*. in *CHI'2005 Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2005.
33. Jacquemin, C. *An eye for an ear and an ear for an eye : bidirectional control in virtual multimedia instrument design*. in *VSMM405. 11th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*. 2005.
34. Jacquemin, C. *Headshaped tangible interface for affective expression*. in *HCI'2007 21st British HCI Group Annual Conference*. 2007.
35. Jacquemin, C. *Pogany: A tangible cephalomorphic interface for expressive facial animation*. in *ACII'2007 second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2007.
36. Jacquemin, C. *Some examples of VR or AR for art installations and live performances*. in *DigiFrance 2007*.
37. Jacquemin, C. *Pogany : une interface céphalomorphe pour la communication sensible en entrée*. in *IHM'07. 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2007.
38. Jacquemin, C., A. Afonso, A. Blum, S. de Laubier, M. Denis, H. Folch, H. Genevois, B.F.G. Katz, S. Nugier, and N. Schnell. *Design d'environnements multimodaux interactifs communicants*. in *H2PTM'05. Hypermédiatextes, Produits, Tools and Methods*. 2005.
39. Jacquemin, C., R. Ajaj, R. Cahen, Y. Olivier, and D. Schwarz. *Plumage: Design d'une interface 3D pour le parcours d'échantillons sonores granularisés*. in *IHM'07. 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2007.
40. Jacquemin, C. and S. de Laubier. *Transmodal feedback as a new perspective for audio-visual effects*. in *NIME 2006. New Interface for Musical Expression*. 2006.
41. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *Exploration d'analyse de données textuelles et navigation contrôlée dans OCEAN*. in *IHM 2005. 17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2005.
42. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *OCEAN : 2 1/2D interactive visual data mining of text documents*. in *IV06. 10th International Conference on Information Visualisation*. 2006.
43. Jacquemin, C., B. Planes, and R. Ajaj. *Shadow casting for soft and engaging immersion in augmented virtuality artworks*. in *9th ACM Multimedia 2007*. 2007.
44. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda. *PRIAM : affichage dynamique d'informations par des écrans coopérants en environnement mobile*. in *UBIMOB 2006. 3èmes Journées Francophones Mobilité et Ubiquité*. 2006.
45. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda. *Dynamic cooperative information display in mobile environments*. in *KES 2006. 10th International Conference on Knowledge Based & Intelligent Information & Engineering Systems*. 2006.
46. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda. *KUP : a model for the multimodal presentation of information in ambient intelligence*. in *IE07. 3rd International Conference on Intelligent Environments*. 2007.
47. Jacquet, C., Y. Bellik, and Y. Bourda. *KUP : un modèle pour la présentation opportuniste et multimodale d'informations à des utilisateurs mobiles*. in *IHM 2007. 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2007.
48. Jacquet, C., Y. Bourda, and Y. Bellik. *An architecture for ambient computing*. in *The IEE International Workshop on Intelligent Environments*. 2005.
49. Lamotte, M., M. Manzini, C. Pelachaud, S. Abrilian, J.C. Martin, and L. Devillers. *Contextual factors and adaptive multimodal human-computer interaction : multi-level specification of emotion and expressivity in embodied conversational agents*. in *CONTEXT 05. The Fifth International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. 2005.
50. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Librairie de widgets dialogiques pour un agent conversationnel assistant*. in *IHM 2005. 17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2005.
51. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Une librairie d'objets dialogiques pour des agents conversationnels assistants*. in *JFSMA'06. Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents*. 2006.
52. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Towards more perceptual models for assisting conversational agents*. in *IVEVA'06. The International Conference on Intelligent Virtual Environments and Virtual Agents*. 2006.
53. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Ordinary user oriented model construction for assisting conversational agents*. in *CHAA'06 at IEEE-WIC6ACM Conference on Intelligent Agent Technology. International Workshop on Communication between Human and Artificial Agents*. 2006.
54. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Assisting dialogical agents modeled from novice user's perceptions*. in *KES'07. 11th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems*. 2007.
55. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Acquisition de connaissances perceptives pour un agent assistant*. in *IC'2007. 18èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*. 2007.
56. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Acquiring knowledge for synthesizing models for assistance*. in *LMO'07. Conférence Langues et Modèles à Objets*. 2007.

57. Leray, D. and J.-P. Sansonnet. *Construction of assisting symbolic models based on novice users perception*. in *EuroCogSci07. The Second European Cognitive Science Conference*. 2007.
58. Marlier, J., S. Buisine, and W.A. Turner. *Vers un outil de co-conception produits-usages*. in *CONFERE'07. Colloque Francophone sur les Sciences de l'Innovation*. 2007.
59. Martin, J.C. *Analysis and synthesis of cooperation between modalities*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
60. Martin, J.C., S. Abrilian, and L. Devillers. *Annotating multimodal behaviors occurring during non basic emotions*. in *ACII'2005. 1st International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*. 2005.
61. Martin, J.C., G. Caridakis, L. Devillers, K. Karpouzis, and S. Abrilian. *Manual annotation and automatic image processing of multimodal emotional behaviours : validating the annotation of TV interviews*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
62. Martin, J.C., C. D'Alessandro, C. Jacquemin, B.F.G. Katz, A. Max, L. Pointal, and A. Rilliard. *3D audiovisual rendering and real-time interactive control of expressivity in a Talking Head*. in *IVA 2007. 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNAI 4722, Springer*. 2007.
63. Martin, J.C., L. Devillers, S. Abrilian, M. Lamolle, M. Mancini, and C. Pelachaud. *Levels of representation in the annotation of emotion for the specification of expressivity in ECAs*. in *IVA'05. The 5th International Working Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2005.
64. Martin, J.C., C. Jacquemin, L. Pointal, B.F.G. Katz, C. D'Alessandro, A. Max, and M. Courgeon. *A 3D audio-visual animated agent for expressive conversational Question Answering*. in *AVSP 2007 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing*. 2007.
65. Meyer, G., V. Louis, and J.-P. Sansonnet. *Un opérateur de préférence adapté aux agents dialoguant*. in *MFI'05. Troisièmes Journées Francophones : Modèles Formels de l'Interaction*. 2005.
66. Meyer, G., V. Louis, J.-P. Sansonnet, and Y. Larvor. *Two logical operators for representing and handling preferences*. in *IJCAI-05. Nineteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence : Knowledge and Reasoning for Answering Questions*. 2005.
67. Meyer, G., V. Louis, J.-P. Sansonnet, and Y. Larvor. *Deux opérateurs logiques adaptés à la représentation et à la manipulation des préférences*. in *RJCIA 2005. 7e Rencontres Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle*. 2005.
68. Rousseau, C., Y. Bellik, and F. Vernier. *WWHT : un modèle conceptuel pour la présentation multimodale d'information*. in *IHM 2005. 17ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2005.
69. Rousseau, C., Y. Bellik, and F. Vernier. *Multimodal output specification simulation platform*. in *ICMI'2005. Seventh International Conference on Multimodal Interfaces*. 2005.
70. Rousseau, C., Y. Bellik, F. Vernier, and D. Bazalgette. *Multimodal output simulation platform for real-time military systems*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
71. Ryall, K., A. Esenther, K. Everitt, C. Forlines, M.M. Ringel, C. Shen, S. Shipman, and F. Vernier. *iDwidgets : parameterizing widgets by user identity*. in *INTERACT'05. Tenth IFIP TC 13 International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
72. Sansonnet, J.-P. and D. Leray. *Kiwi : an environment for capturing the perceptual cues of an application for an assisting conversational agent*. in *AISB'07 Convention. Workshop on Language, Speech and Gesture*. 2007.
73. Sansonnet, J.-P., D. Leray, and J.C. Martin. *Architecture of a framework for generic assisting conversational agents*. in *IVA 2006. 6th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNAI 4133*. 2006.
74. Sansonnet, J.-P., J.C. Martin, and K. Leguern. *A software engineering approach combining rational and conversational agents for the design of assistance applications*. in *IVA'05. The 5th International Working Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2005.
75. Sansonnet, J.-P. and E. Valencia. *Terminological heterogeneity between agents using a generalized simplicial representation*. in *EUMAS 2005. The Third European Workshop on Multi-Agent Systems*. 2005.
76. Schröder, M., L. Devillers, K. Karpouzis, J.C. Martin, C. Pelachaud, C. Peter, H. Pirker, B. Schuller, J. Tao, and I. Wilson. *What should a generic emotion markup language be able to represent?* in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Paru dans : LNCS 4738, Springer*. 2007.
77. Shen, C., M.S. Hancock, C. Forlines, and F. Vernier. *CoR?Ds : context-rooted rotatable draggables for tabletop interaction*. in *CHI 2005. ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2005.
78. Zaher, L., J.P. Cahier, W.A. Turner, and M. Zacklad. *Towards a conflictual co-building method with Agorae*. in *COOP'06. 7th International Conference of the Design of Cooperative Systems*. 2006.

79. Zara, A., V. Maffiolo, J.C. Martin, and L. Devillers. *Collection and annotation of a corpus of human-human multimodal interactions : emotion and others anthropomorphic characteristics*. in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Paru dans : *LNCS 4738*, Springer. 2007.

Revues sans comité de lecture

1. Pointal, L., *Python et l'agrégation d'outils existants avec Python*. *Linux developer's journal*, 2007. 3(4): p. 12-19.

Congrès sans actes, workshops

1. Buisine, S. and J.C. Martin. *The influence of personality on the perception of embodied agents' multimodal behavior*. in *3rd Conference of the International Society for Gesture Studies*. 2007.
2. Fournier, J.P. and J.-P. Sansonnet. *Active Tutor : intégration d'agents rationnels avec un agent conversationnel animé dans outil tutoriel actif*. in *WACA'01. 1er Workshop sur les Agents Conversationnels Animés*. 2005.
3. Martin, J.C., S. Abrilian, S. Buisine, and L. Devillers. *Individual differences in the perception of spontaneous gesture expressivity*. in *3rd Conference of the International Society for Gesture Studies*. 2007.
4. Sansonnet, J.-P., K. Leguern, and J.C. Martin. *Une architecture médiateur pour des agents conversationnels animés*. in *WACA'01. 1er Workshop sur les Agents Conversationnels Animés*. 2005.
5. Zara, A., J.C. Martin, L. Devillers, V. Maffiolo, and G. Le Chenadec. *Gestural expressions of emotions in human interaction*. 2007.
6. Bouchet, F. and J.-P. Sansonnet. *Etude d'un corpus de requêtes en langue naturelle pour des agents assistants*. in *WACA'06. Deuxième Workshop Francophone sur les Agents Conversationnels Animés*. 2006.
7. Jacquemin, C. and G. Gagneré. *Augmented scenery : expanding the layer/mask paradigm to flexible surfaces and generalized anamorphosis*. in *(re)Actor : First International Conference on Digital Live Art*. 2006.
8. Sansonnet, J.-P. *Multiagent-based modelling and natural language analysis of interactional streams in mediated collectives*. in *CABM-HEMA-SMAGET Joint Conference on Multi Agent Modeling for Environmental Management*. 2005.
9. Sansonnet, J.-P., S. Bonneaud, and G. Ripoche. *Modélisation et extraction de schémas dialogiques dans les traces d'interaction langagières des forges logicielles*. in *Workshop JSM'05. Journées de Sémantique et Modélisation*. 2005.
10. Turner, W.A. *Computer supporting Diaspora knowledge networks*. in *UNESCO Workshop*. 2006.
11. Turner, W.A. *Diasporas et développement des pays et régions d'origine*. in *Symposium de Bordeaux "Internet et Réseaux de Connaissances"*. 2007.
12. Turner, W.A., B. Habert, G. Ripoche, and M. Zacklad. *Not too close, not too far : building breathing space into information infrastructures*. in *2006 Annual studies of sciences*. 2006.
13. Jacquemart, P., *Dispositifs scéniques de réalité virtuelle ou augmentée : la science au service de l'imaginaire dans le spectacle vivant*, in *Atelier d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. 2007.
14. Jacquemin, C. and B. Planes, *Travaux d'études et de recherche en informatique sur des thématiques artistiques*, in *Atelier formations transdisciplinaires en interaction sensorielle pour la création artistique*. *IHM'05*. 2005.
15. Martin, J.C., *Annotation, interpretation and synthesis of cooperation between modalities in multimodal communication*, in *eINTERFACE'05*. 2005.
16. Martin, J.C., *Corpus-Based Models of Multimodal and Emotional Behaviors*, in *ELSNET Summer School on "Advanced Dialogue Systems: Affectivity, Adaptability and Multimodality"*. 2007.
17. Turner, W.A., *Social informatics research at LIMSI-CNRS*, in *Journée d'étude "Partager l'analyse de corpus - Sociologie qualitative et web socio-sémantique"*. 2007.

Magazines

1. De La Perrière, B., L. Devillers, and J.C. Martin, *Les robots à l'école des émotions*, in *Journal du CNRS*. 2007. p. 33.

ANNE VILNAT

Introduction

Les activités de recherche du groupe Langues, Information et Représentations (LIR) sont essentiellement consacrées au traitement des données écrites, à leur analyse, leur compréhension ou leur production ainsi qu'à l'acquisition de connaissances nécessaires, principalement morphologiques et sémantiques. La quantité impressionnante de données écrites aujourd'hui disponibles électroniquement est une mine d'informations et la fouille de données dans les textes est un des enjeux majeurs de la société de l'information. Les recherches développées dans le groupe LIR s'inscrivent dans cette dynamique, avec une implication croissante dans des projets nationaux et internationaux. Les compétences variées et complémentaires des membres du groupe LIR permettent de combiner approches symboliques et statistiques, et constituent un des atouts majeurs du groupe qui participe ainsi pleinement à l'évolution du traitement des langues.

L'un de nos axes forts est de développer et faciliter l'accès à l'information dans un ensemble de textes, information à corrélérer éventuellement avec d'autres sources comme par exemple le profil des utilisateurs. Il s'agit d'une part de structurer, d'indexer, d'enrichir et de classer des documents en les représentant par des ensembles de traits pertinents, allant des mots à des informations plus complexes sur la structure thématique ou sur la forme du document, d'autre part de rechercher des informations précises en incluant des dimensions nouvelles pour ce domaine, à savoir le multilinguisme, la fusion de parties de documents, le dialogue entre le questionneur et la machine incluant une partie génération de textes pour faciliter l'accès à l'information. Deux approches complémentaires sont utilisées : statistiques, pour utiliser les vastes ensembles de données textuelles aujourd'hui disponibles et qui donnent une bonne représentation de la langue ; symboliques, pour enrichir les données brutes et donner des informations de grain fin.

La recherche d'informations précise, au travers des systèmes de question-réponse développés dans notre groupe se positionne très favorablement dans les compétitions nationales et internationales. Ces systèmes permettent de valider sur une tâche réelle les modèles issus de recherches originales et deviennent de plus en plus évolués.

Depuis l'essor d'Internet et l'émergence du concept de Société de l'Information, les technologies de la langue sont devenues un domaine clé pour le traitement de l'information et l'on constate actuellement un besoin d'outils de plus en plus robustes et performants pour faciliter l'accès à l'information et sa production. Devant une offre chaque jour plus diversifiée et face aux problèmes que posent les spécificités du traitement de la langue naturelle dans un contexte scientifique, industriel ou commercial, il est nécessaire de disposer de moyens et de méthodes pour apprécier les qualités propres aux différentes approches et le niveau de performance des outils de traitement des langues. De ce fait, un volet important est l'évaluation dans laquelle le groupe est partie prenante aussi bien en tant qu'évaluateur (analyseurs syntaxiques, systèmes de question-réponse et fouille de textes) qu'en tant qu'évalué (systèmes de question-réponse et fouille de textes).

Nos recherches se développent ainsi selon quatre thèmes complémentaires :

- Acquisition de connaissances et raisonnement sémantique pour résoudre les ambiguïtés de la langue et accroître nos connaissances sur les processus de raisonnement et d'émergence du langage
- Classification et structuration de corpus
- Compréhension et production de textes en vue d'un accès toujours plus performant à l'information
- Evaluation de traitements automatiques robustes de la langue écrite pour valider les modèles sous-jacents.

Présentation de la recherche

Thème Acquisition de connaissances et raisonnement sémantique

B. Habert, V. Barbier, J.B. Berthelin, B. Grau, A.L. Ligozat, G. Ligozat, P. Paroubek, J. Poudade, A. Vilnat

Acquisition de connaissances sémantiques

Une partie des recherches sur cet axe sont consacrées à l'acquisition de connaissances sémantiques, dans une perspective avant tout non supervisée.

La thèse de J. Poudade (2002-2006) opère en amont de l'acquisition : elle se consacre à l'**émergence**, au sein d'une population d'agents autonomes non situés, **d'un lexique** commun de symboles désignant des actions de base dans un monde 2D. Les agents disposent pour seule information de la représentation sensori-motrice construite dans l'interaction avec leur environnement. Un des paramètres-clés est la taille de la mémoire de travail, pour limiter les ambiguïtés sans favoriser le développement de « dialectes ».



Un autre volet s'inscrivant dans l'apprentissage non supervisé est dévolu à l'identification des chaînes de caractères qui, dans un corpus, peuvent correspondre soit à deux mots différents (homonymie comme voler = « dérober » vs. « être dans les airs ») soit à un mot polysémique (vendre un objet / vendre une idée / se vendre). Ces chaînes ambiguës sont source de bruit en recherche d'information. En veille sociale ou technique, une partie d'entre elles correspond aux mots et aux notions sur lesquels il y a désaccord. Le repérage de ces chaînes dans un corpus en plusieurs parties repose sur la plus ou moins grande dilatation du nuage des points correspondant à l'emploi de ces chaînes dans l'espace des contextes.

Connaissances sémantiques et ingénierie linguistique

Une seconde partie des recherches s'attache à l'apport de connaissances sémantiques dans des applications d'ingénierie linguistique. La thèse de V. Barbier (2004-) a pour objectif d'utiliser les relations sémantiques de synonymie, d'hyponymie (mot de sens plus général) et d'hyponymie (mot de sens plus spécifique) ainsi que des relations liant les verbes et leurs compléments pour trouver différentes reformulations possibles d'une réponse à une question factuelle, dans le cadre d'un système de question-réponse afin d'éviter le silence lié à l'ignorance de ces reformulations. Les relations sémantiques sont issues de WordNet ainsi que des résultats obtenus par des travaux antérieurs en acquisition de connaissances à partir de textes. Ceux-ci sont constitués de signatures thématiques représentées par des ensembles de mots pondérés caractérisant un thème (thèse de O. Ferret en 1999) ainsi que de triplets <verbe, relation, classe de noms> (thèse de G. de Chalendar en 2000). Ces relations sémantiques doivent cependant être mises en œuvre de manière contrôlée, pour éviter à l'inverse le bruit issu de mots liés sémantiquement mais non pertinents dans le contexte en cause. Le contrôle envisagé combine en particulier critères syntaxiques et contexte plus large de la réponse. La mise en œuvre d'inférences s'appuyant sur ces connaissances fait l'objet du projet ANR CONIQUE, présenté dans le sous-thème « Accès au contenu » du thème « Compréhension et production de textes ».

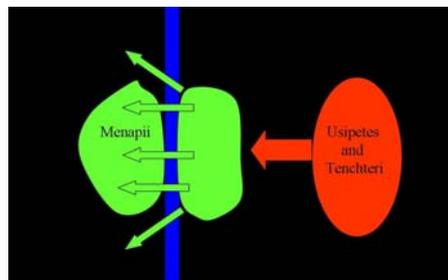
Connaissances morphologiques

Une troisième partie des recherches concerne la modélisation des connaissances morphologiques. Ces connaissances sont importantes pour accéder au sens des mots morphologiquement complexes : mots dérivés (adjectif dérivé d'un nom, etc.) et mots composés (en particulier les composés néoclassiques, très employés dans les textes techniques et scientifiques) et gérer la variation en recherche et extraction d'information. Un premier volet, réalisé en collaboration avec L. Deléger (Inserm) et F. Namer (ATILF, U. Nancy 2), s'attache à modéliser précisément les composés néoclassiques anglais du domaine médical (*gastroesophageal* = [[*gastr N**] [*oesophag N**] *al ADJ*]), en transférant à l'anglais des travaux antérieurs réalisés sur le français par F. Namer. Un second volet, mené dans le cadre du GdR Morphologie dirigé par B. Fradin (LLF, Université Paris 7), vise à mesurer la productivité des règles de formation de

lexèmes en français moderne. Le principe consiste à recenser dans des corpus sélectionnés (articles de différentes rubriques du journal *Le Monde*) les mots construits selon les règles étudiées (par exemple, suffixation en -ABLE). La mesure de la productivité est basée, en suivant Baayen, sur la proportion d'hapax legomena (mots apparaissant une seule fois) parmi les mots construits par une règle donnée. Ce travail est accompagné d'une réflexion sur l'usage des corpus en morphologie, qui interroge les rôles respectifs des linguistes et des outils du traitement automatique des langues dans ce travail de linguistique de corpus.

Raisonnement spatio-temporel

La dernière partie de ces recherches est consacrée au raisonnement spatio-temporel, tant sous ses aspects théoriques que sur ses applications pour la communication homme-machine. Pour ce qui concerne le premier aspect, nous avons poursuivi l'étude de la résolution de réseaux de contraintes qualitatives temporelles ou spatiales (en collaboration avec J. F. Condotta du CRIL, Lens), en développant en particulier la notion d'éligibilité, et participé à l'élaboration d'un ouvrage de référence sur la représentation des connaissances spatiales et temporelles (paru en 2007 chez Hermès). Le versant applicatif s'est attaché au problème de la visualisation de processus spatio-temporels mettant en jeu des entités complexes, tels que les mouvements de troupes ou les déplacements migratoires. Les premiers travaux réalisés ont montré la faisabilité de systèmes de représentation basés sur l'utilisation des chorèmes. La poursuite de ce projet devrait se faire en collaboration avec des groupes poursuivant des recherches similaires (Ecole Navale de Brest, Université Adam Mickiewicz de Poznan, Pologne).



Thème Classification et structuration de corpus

M. Hurault-Plantet, P. Zweigenbaum, C. Grouin, M. Guégan, B. Habert, G. Illouz, M. Jardino, S. Loiseau

Corpus, statistiques textuelles et classification

Les traitements statistiques sont largement utilisés pour faciliter la compréhension et l'analyse de grands corpus. Ces outils sont d'autant plus efficaces si des étapes de pré-traitement, visant à normaliser la représentation du contenu, sont appliquées au corpus (voir page de présentation « [Conceptual normalization of texts for semantic network visualization](#) », B. Habert, M. Hurault-Plantet et C. Grouin).

Le premier pré-traitement concerne la conversion vers un format standard comme XML. Pour le cas particulier des wiki-textes trouvés sur le Web, nous avons développé un convertisseur de la syntaxe wiki vers XML sur la base de ce qui existe dans le logiciel mediawiki (voir page de présentation « [Wikipedia as corpus: the wiki2tei parser](#) », B. Desgraupes, S. Loiseau et B. Habert).

L'étape de nettoyage du corpus commence à émerger en tant que thème dans la communauté du traitement du langage naturel. On y retrouve des invariants tels que la conversion d'encodage de caractères et la correction d'erreurs typographiques, orthographiques et grammaticales. Lorsqu'on traite des corpus aussi divers que des prises de notes ou des forums sur Internet, il nous semble qu'il devient nécessaire non seulement de nettoyer le corpus, mais aussi d'avoir une mesure de la conformité du texte aux règles de la langue, afin de décider si on peut appliquer des traitements linguistiques au texte. Nous avons développé un outil de « certification de corpus » qui produit un indicateur de confiance et qui permet de corriger certaines erreurs. Le logiciel utilise des listes de références d'unigrammes de mots et de bigrammes de mots et de caractères, constituées à partir d'un corpus de plus d'un an d'articles du journal *Le Monde*.

La dernière étape de pré-traitement concerne des normalisations notionnelles. Nous avons développé un outil de dérivation morphologique permettant de rassembler sous une même notion des mots qui l'expriment sous des catégories grammaticales différentes (par exemple différence, différent, différencier). Ce logiciel est basé sur des règles et utilise des listes de suffixes et des listes d'exceptions (issues des travaux en morphologie cités plus haut). Il est orienté vers le corpus, c'est-à-dire qu'il ne prend finalement en compte que les mots trouvés dans le corpus.

Les traitements statistiques sur corpus, tels que la classification ou les modèles de Markov, permettent d'extraire des informations comme la structuration thématique d'un corpus ou la typologie des textes. Nous avons appliqué le logiciel COPE de classification non supervisée développé par M. Jardino dans le groupe LIR aux données de projets concernant d'une part des enquêtes de satisfaction auprès de clients EDF, et d'autre part les articles de Wikipédia (voir page de présentation « [Conceptual normalization of texts for semantic networks visualization](#) », B. Habert, M. Hurault-Plantet et C. Grouin). Par ailleurs, nous avons modélisé le processus temporel d'édition des articles de Wikipédia par des chaînes de Markov cachées afin de typer un article par son activité éditoriale. Cela nous permet en particulier de reconnaître les articles conflictuels (voir page de présentation « [Clustering temporal edition profiles of Wikipedia articles using HMM](#) », M. Guégan).



Nous avons participé à une évaluation internationale de systèmes de codage de textes spécialisés (comptes rendus médicaux) dans la Classification internationale des maladies (Cincinnati Computational Medicine Center ICD-9-CM coding challenge). Nous avons adopté une approche de classification supervisée. Les textes ont été étiquetés et lemmatisés, et les concepts présents ont été repérés avec l'outil MMTx de la National Library of Medicine. Un réseau de neurones a été entraîné pour chaque code ICD-9-CM possible, et les sorties de ces réseaux ont été combinées. Nous avons ainsi réalisé un classifieur multi-étiquette qui a obtenu une F-mesure de 0,72, située dans la moyenne des résultats obtenus par les 44 participants (0,15-0,89). Voir la page de présentation « [Controlled indexing for question-answering in a specialized domain](#) », T. Delbecque et P. Zweigenbaum.

Corpus comparables

Les corpus multilingues sont un matériau fondamental pour la constitution de ressources pour la traduction automatique, la recherche d'information translingue ou les tâches d'aide à la rédaction. Les corpus parallèles, collections de textes et de leurs traductions, se prêtent le mieux à l'extraction de traductions de mots et de termes ; cependant, ils sont relativement rares, et la langue des textes traduits est sujette à des biais de traduction (calques, etc.). Les corpus comparables sont des paires de corpus dans lesquels les textes sont sélectionnés selon les mêmes critères (domaine, genre, etc.), typiquement dans deux langues différentes. La recherche de correspondances entre traductions y est plus difficile, mais les expressions obtenues sont potentiellement de meilleure qualité. Nous transposons cette problématique à des corpus comparables monolingues : des paires de corpus dans lesquels les textes représentent deux variétés de la même langue, dont plusieurs dimensions sont comparables (domaine, sujet) mais une dimension diffère.

Nous nous intéressons à des corpus comparables monolingues où la dimension contrastive est la spécialisation : textes rédigés à l'intention de spécialistes vs textes rédigés à l'intention du grand public. L'objectif est d'aider à la rédaction de documents destinés au grand public. Le domaine choisi est le domaine médical, plus précisément le thème du tabagisme. Un travail a été réalisé sur le chinois, un autre sur le français. Nous cherchons d'une part à catégoriser automatiquement les textes (spécialisés vs grand public). Dans une première expérience (Master de J. Wang), nous avons constitué un tel corpus comparable en chinois. Nous y avons recensé des caractéristiques utiles pour la catégorisation (longueur des phrases, usage de termes spécialisés, présence de nombres et de symboles mathématiques, structuration à l'aide d'alinéas, présence de résumé, etc.) et les avons mises en œuvre dans un catégoriseur automatique. Nous cherchons d'autre part à mettre en correspondance les expressions utilisées dans les textes spécialisés et dans les textes grand public pour décrire des informations similaires (collaboration avec L. Deléger, Inserm). Pour cela, nous avons constitué un second corpus comparable en français. Pour travailler sur des unités textuelles portant sur des informations homogènes, nous commençons par effectuer une segmentation thématique des textes des deux parties du corpus. Faisant l'hypothèse que les segments comparables, bien que d'un niveau de spécialisation différent, partagent néanmoins une partie importante de leur vocabulaire, nous identifions ensuite les segments les plus similaires entre les deux parties du corpus. Nous employons pour cela les méthodes de calcul de similarité entre documents utilisées en recherche d'information (sacs de mots, suppression des mots vides, distance du cosinus ou du Jaccard). Dans l'état actuel de nos travaux, cette méthode a une précision de 80 % sur les 100 segments les plus similaires, qui descend à 60 % sur les 400 segments les plus similaires. L'étape suivante est l'identification des expressions en correspondance au sein des segments.

Thème Compréhension et production de textes

B. Grau, C. Balkanski, A. Garcia-Fernandez, C. Grouin, G. Illouz, A.-L. Ligozat, A. Max, I. Robba, K. Séjourné, A. Vilnat, M. Zock

Accès au contenu

Les systèmes de recherche d'information, pour être vraiment utilisables, doivent répondre à des besoins précis en matière d'information. Lorsque l'intérêt de l'utilisateur porte sur la recherche d'une donnée factuelle, ils atteignent leurs limites. En effet, face à une question telle que « Quelle est la voiture la plus chère du monde ? », les moteurs de recherche traditionnels renvoient tous les documents où figurent les mots de la question et c'est à l'utilisateur que revient la tâche d'explorer ces documents afin de trouver la réponse. Répondre à des questions précises requiert une analyse plus en profondeur des documents afin d'en extraire l'information pertinente. C'est la problématique des systèmes de question-réponse. Dans ce cadre, nous avons développé un système qui allie des techniques issues de la recherche d'information et du traitement automatique des langues :

- analyse des questions afin d'en extraire une requête contenant les termes significatifs, le type de réponse attendu, l'objet de la question (focus), la catégorie de la question, des relations sémantiques attendues entre termes de la question et termes de la réponse
- ré-indexation des documents sélectionnés par un moteur de recherche afin de n'en retenir qu'un sous ensemble en se fondant sur la reconnaissance de termes complexes et de leurs variantes (Fastr)
- application de modules de reconnaissance d'entités nommées
- pondération des phrases des documents retenus
- extraction de la réponse
- évaluation de la justification des réponses.



- Le système QALC développé pour l'anglais a participé aux évaluations Question/Answering de TREC, de 1999 à 2002. A l'évaluation TREC11 (2002), consistant à proposer uniquement une réponse et à lui accorder un score de fiabilité, QALC s'est classé 9ème sur 36, avec 30% de réponses correctes.

Le système FRASQUES (QALC adapté pour le français) a été évalué dans le cadre de l'évaluation nationale EQueR en 2004 et internationale CLEF en 2005 et 2006. Un système multilingue allant du français vers l'anglais, MUSQAT, a également été développé et évalué au niveau international (CLEF). Il a terminé premier en 2006 des systèmes allant d'une langue source quelconque vers l'anglais avec 25 % de bonnes réponses.



Ces thèmes trouvent aussi un écho dans le domaine de l'apprentissage et de la recherche d'information. Cela nous a conduits à mettre en place un projet, RIPWEB, soutenu par le département SHS et le réseau STIC RTP 33 du CNRS, afin de constituer une communauté de chercheurs venant de ces différentes disciplines et intéressés à collaborer sur la recherche d'informations précises. Un livre paraissant en 2007 chez Hermès vient clore ce travail.

QALC offre aussi au groupe LIR une plate-forme de développement et de test, et constitue un cadre d'application privilégié des travaux qui y sont menés. L'apport des critères syntaxiques pour améliorer l'extraction des réponses a fait l'objet de la thèse d'A.-L. Ligozat (voir page de présentation : « [Information extraction using syntactic features for Question Answering](#) », A.-L. Ligozat). L'amélioration d'un tel système conduit aussi à développer une analyse de phrases plus précise au niveau sémantique ainsi qu'une expansion de requête fondée elle aussi sur des aspects sémantiques. Cela pose le problème de l'utilisation contrôlée de ces connaissances.

Depuis 2005, nous étudions la justification des réponses via un projet ANR blanc, CONIQUE, en collaboration avec le CEA/LIST et MODYCO UMR CNRS-Université Paris X (voir page de présentation : « [Answer Justification : inference in multiple sources of knowledge](#) », B. Grau, A.-L. Ligozat, I. Robba, A. Vilnat et V. Barbier). Le but de ce projet est la réalisation d'inférences en contexte afin de justifier les réponses proposées à l'utilisateur. La particularité de ce projet consiste à rechercher dans d'autres textes les informations manquantes permettant de justifier complètement une réponse ou d'en invalider une.

Nous abordons également la recherche de réponses en domaine de spécialité, ici le domaine médical, qui fait intervenir ce que l'on pourrait appeler des « entités nommées médicales » : des termes issus d'un vocabulaire contrôlé, connus à l'avance et listés dans un thésaurus de référence (diagnostics, signes, etc.). Le double problème est que ces termes peuvent apparaître sous des formes variables et que le nombre de termes médicaux est particulièrement grand : le Metathésaurus de l'UMLS recense 1,4 millions de concepts et 5,3 millions de termes différents. Nous avons mené des travaux visant à obtenir une reconnaissance efficace de ces termes et de leurs variantes flexionnelles en échange d'une baisse du taux de reconnaissance, tout en gardant une excellente précision (système MetaCoDe, voir page de présentation « [Controlled indexing for question-answering in a specialized domain](#) », T. Delbecque et P. Zweigenbaum). Comparé au système de référence MMTx, MetaCoDe perd 17 % de F-mesure mais traite les documents 100 fois plus rapidement.

Dialogue et interaction

Par ailleurs, pour qu'un système de question-réponse soit utilisable, il se doit d'intégrer un réel dialogue avec l'utilisateur : deux thèses sont en cours sur ce thème, dont l'une en collaboration avec le groupe TLP liée au système de question-réponse par téléphone (RITEL) (voir page de présentation « [Dialog management in a interactive and open domain QA system](#) », O. Galibert, A. Max, G. Illouz, S. Rosset et B. van Schooten). Dans celle-ci l'intérêt se porte essentiellement sur les stratégies de réponse, en se situant dans un contexte multimodal.

La seconde thèse concerne plus spécifiquement la gestion du contexte du dialogue. Elle se fera en continuité des études antérieures qui nous avaient permis de développer un modèle fondé sur la représentation dynamique de la structure du dialogue en analysant à la fois l'intention communicative (liée à la fonction d'un énoncé) et l'intention informative (reposant sur les relations thématiques entre énoncés) véhiculées par les interventions des interlocuteurs. Ce modèle permet d'observer les stratégies suivies par les interlocuteurs et d'influer sur les stratégies à adopter par le système, de façon à prévenir les risques d'incompréhension.

Structuration

L'accès au contenu, quand il s'agit de prendre connaissance d'un texte dans son ensemble, nécessite une mise en forme de celui-ci reposant sur la mise en évidence de ses thématiques et de sa structure. La segmentation thématique, c'est-à-dire le découpage d'un document en différents passages relevant chacun d'un thème donné, a été développée selon deux méthodes complémentaires. Une méthode repose sur la répétition et la distribution des mots dans un texte (modèle vectoriel). Nous l'avons utilisée pour le résumé. Elle a ensuite été enrichie par un réseau de collocations (pour des articles de journaux) favorisant le repérage des cohésions lexicales et permettant l'apprentissage automatique de signatures thématiques. L'étape suivante est l'identification et le suivi de thèmes par des signatures thématiques apprises ou par l'extraction de termes significatifs, sur des critères de répétition intra et inter-segments mais aussi de position dans les segments repérés. Plus généralement, différents types de termes (termes du domaine, mots-outils,...) sont extraits des textes en se fondant sur un principe d'intersection lexicale, appliqué à des niveaux différents (corpus, texte, segment). Ces termes permettent de caractériser soit les thèmes d'un texte, soit le rôle argumentatif ou rhétorique des segments. Cette approche ne présuppose aucune connaissance sur les domaines abordés dans les textes.

La reconnaissance de la structure hiérarchique des textes se fonde d'une part sur des critères de cohésion lexicale entre segments et de répartition des termes significatifs dans ces mêmes segments pour une structure « gros grain » et d'autre part sur un ensemble de marques explicites – succession thème-rhème, marqueurs linguistiques de coordination ou subordination, chaînes lexicales et anaphoriques, parallélisme syntaxique – afin de construire une structure fine du discours reliant chacun des énoncés. Elle conduit à une mise en évidence graphique de la structure des documents, ce qui facilite la navigation dans les documents.

Aide à la production de documents

Nous avons initié un thème de recherche dont l'objectif est d'identifier les apports possibles du traitement automatique des langues pour l'aide à la production de documents écrits et à l'accès à ces documents. Notre démarche est centrée autour des tâches effectuées par les auteurs et les rédacteurs, dont certaines trouvent leurs équivalents directs dans les systèmes de génération automatique de textes : collection d'idées,

regroupement d'idées, structuration en un plan, raffinement progressif du plan et révision, formulation (choix lexicaux et terminologiques, structures grammaticales) et amélioration de la cohérence du texte et du style. Les documents produits par le type d'approche que nous proposons constituent alors une base utile pour différentes applications des documents à l'intention des lecteurs : interface avec les dictionnaires, adaptation de la langue au lecteur (par exemple, simplification du niveau de langue), aide à la navigation dans les structures thématiques et rhétoriques des documents, exploitation de documents auto-explicatifs (par exemple, indication des référents des anaphores) (voir page de présentation « [Natural Language Processing for Authoring Aids](#) », A. Max, S. Debbagi).



manuscrit de Proust

Thème Evaluation de traitements automatiques robustes de la langue écrite

P. Paroubek, J.-B. Berthelin, S. El Ayari, B. Grau, C. Grouin, M. Hurault-Plantet, I. Robba, A. Vilnat

Pour apprécier les qualités propres aux différentes approches et le niveau de performance des outils de traitement du langage, nous nous sommes intéressés d'abord à deux thèmes de recherche clés pour les futures technologies de l'information : l'analyse syntaxique et la recherche d'information précises ; plus récemment nous nous sommes également intéressés à la fouille de textes.

Analyse syntaxique

L'analyse syntaxique est à la base d'un ensemble de fonctions complexes, comme le résumé, la recherche de thèmes ou la traduction, qui sont autant d'outils indispensables à la représentation et au traitement des textes pour pouvoir en extraire des informations. En recherche d'information, elle permet au mécanisme de recherche d'avoir une représentation plus fine de la question posée par l'utilisateur et donc de mieux y répondre. Durant ces dernières années, les analyseurs syntaxiques ont évolué : plutôt que de s'attacher à traiter finement un phénomène linguistique particulier, les développeurs et les chercheurs ont orienté leurs efforts vers une plus grande robustesse. Les analyseurs robustes construisent une analyse quelles que soient les données en entrée, l'analyse proposée pouvant être partielle, en particulier lorsque l'entrée est agrammaticale, ambiguë ou encore de formulation complexe. On constate aussi l'apparition de nouveaux critères de performance comme la vitesse d'analyse, puisque les nouveaux analyseurs doivent traiter en un temps raisonnable les volumes de données parfois énormes désormais disponibles avec l'accroissement constant des performances des technologies de stockage et le développement d'Internet.

Pour faire avancer les connaissances sur les performances des méthodes d'analyse, nous avons été à l'initiative d'une campagne d'évaluation comparative ouverte, avec des corpus de grande taille, une approche « boîte noire » et des mesures quantitatives. Il s'agit de la campagne d'évaluation EASy sur les analyseurs syntaxiques du projet EVALDA du programme TECHNOLANGUE, voir page de présentation : « EASy, Evaluation Campaign of parsers of French », P. Paroubek, I. Robba, A. Vilnat. Cette campagne d'évaluation maintenant terminée trouve son prolongement dans le projet ANR PASSAGE qui a pour objectif la création d'un gros corpus de plusieurs centaines de millions de mots pourvu d'annotations syntaxiques de qualité, produites automatiquement par la combinaison des sorties d'un comité d'analyseurs syntaxiques. Les méthodes d'évaluation développées dans EASy seront réutilisées et affinées dans ce nouveau projet pour déterminer, lors de deux campagnes d'évaluation ouvertes que nous piloterons, les paramètres gérant la combinaison des analyseurs syntaxiques.

Systèmes de questions-réponses

Le deuxième volet du thème évaluation porte sur l'étude des systèmes de question-réponse. Ces systèmes sont formés d'une organisation complexe de modules réalisant des traitements linguistiques différents. Afin de construire un système performant, il est nécessaire de disposer de ressources permettant le test et l'évaluation des traitements effectués dans chaque module, afin de mettre en corrélation les performances d'un module particulier avec la performance globale du système entier sur la tâche de question-réponse. Les ressources faisant défaut pour le français, nous avons mis en place la première évaluation des systèmes de question-réponse en français en 2004. Cette évaluation a été menée dans le cadre du projet EVALDA du programme TECHNOLANGUE, avec la campagne EQueR. Cela a conduit à la constitution d'un corpus de documents dans le domaine général ainsi que dans un domaine de spécialité (le

domaine médical), avec un jeu de questions et réponses associées. Les travaux se poursuivent avec la thèse de S. El Ayari qui a pour objectif précisément d'étudier les méthodes d'évaluation des systèmes de question-réponse en mode boîte transparente avec des mesures quantitatives pour cerner les liens qui existent entre performance globale et performance locale à un module pour les principaux types d'architecture de systèmes de question-réponse.

Fouille de textes : DEFT

Parallèlement à ces deux axes principaux, nous nous sommes investis depuis peu dans l'organisation de l'atelier d'évaluation en fouille de textes, DEFT. Cet atelier, qui propose un nouveau thème chaque année, réunit en général une dizaine d'équipes francophones. Les deux premières éditions étaient consacrées à l'identification du locuteur dans des discours « mélangés », puis à la segmentation thématique. Etant arrivés premiers lors de cette deuxième édition, nous avons alors co-organisé la dernière, qui avait pour thème la classification de textes d'opinion (voir la page de présentation DEFT'07: « [Evaluation campaign on opinion text classification](#) », M. Hurault-Plantet, C. Grouin, P. Paroubek, J.-B. Berthelin).



Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Cécile	Balkanski	Ens-Ch	MC	Paris XI
Jean-Baptiste	Berthelin	Ch	CR1	CNRS
Brigitte	Grau	Ens-Ch	Pr2	ENSIIE
Cyril	Grouin	ITA	IE2	CNRS
Martine	Hurault-Plantet	ITA	IR1	CNRS
Gabriel	Illouz	Ens-Ch	MC	Paris XI
Gérard	Ligozat	Ens-Ch	Pr1	Paris XI
Aurélien	Max	Ens-Ch	MC	Paris XI
Patrick	Paroubek	ITA	IR1	CNRS
Isabelle	Robba	Ens-Ch	MC	Versailles
Xavier	Tannier	Ens-Ch	MC	Paris XI
Anne	Vilnat	Ens-Ch	Pr2	Paris XI
Pierre	Zweigenbaum	Ch	DR2	CNRS

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Vincent	Barbier	Informatique	Paris XI
Thierry	Delbecque	Informatique	Paris XI
Sarra	El Ayari	Informatique	Paris XI
Anne	Garcia Fernandez	Informatique	Paris XI
Arnaud	Grappy	Informatique	Paris XI
Marie	Guegan	Informatique	Paris XI
Kévin	Séjourné	Informatique	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Amina	Aziez	CDD
Bernard	Jacquemin	CDD
Anne	Lablanche	CDD
Aurélien	Lauf	CDD
Sylvain	Loiseau	Post-Doc
Véronique	Moriceau	Post-Doc
Julien	Poudade	Post-Doc
Jerzy	Sitko	CDD

Participation à des instances

Instances d'évaluation ou d'expertise

- Organisation de la campagne d'évaluation DEFT 07 en Fouille de Textes, M. Hurault-Plantet, S. El Ayarri, C. Grouin, B. Habert, M. Jardino, P. Paroubek.
- B. Grau, expertise de projets nationaux, ANR en 2005, 2006 et 2007
- B. Habert, Comité scientifique de l'ATILF, février 2004
- M. Jardino, expertise de projets nationaux ANR en 2005
- P. Paroubek, membre du comité du programme national TECHNOLANGUE (évaluation et ressources en ingénierie linguistique) dépendant du ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies, du Ministère de la Culture et de la Communication et du Ministère délégué à l'Industrie (2003-2005) ; membre du sous-comité ISO/TC37/SC4 sur les standards d'annotation de ressources linguistiques
- A. Vilnat, membre du comité d'évaluation du programme Technologies Logicielles (TechLog), ANR 2007, expertise de projets ANR, de projets pour les Conseils Régionaux d'Ile de France et de Lorraine, et pour le Fonds de la Recherche Suisse
- P. Zweigenbaum : membre du comité d'évaluation du programme Masses de données et connaissances (MDCO), ANR 2007 ; expertise de projets nationaux ANR 2007 (TechLog, TecSan, Corpus) ; expertise de dossier CPER Lorraine 2006-2007 ; membre du comité scientifique du Pôle de Recherche Scientifique et Technique MISN (Lorraine) (2007-2013)

Comités de programme et comités scientifiques

- AAAI 2007 : Spring Symposium, symposium on Control Mechanisms for Spatial Knowledge Processing in Cognitive / Intelligent System : G. Ligozat ; Workshop on *Spatial and Temporal Reasoning*, co-président : G. Ligozat
- ACL : 2006, Workshop *Multi-source, Multilingual Information Extraction and Summarization* : B. Grau ; 2007, Workshop *BioNLP* : P. Zweigenbaum

- Plateforme AFIA, Atelier "Représentation et raisonnement sur le temps et l'espace", co_organisateur : G. Ligozat
- AIME 2007 : P. Zweigenbaum
- CORIA (2005, 2006, 2007) : B. Grau, (2007) : P. Zweigenbaum
- COSIT 05 : G. Ligozat
- EACL 2006, Workshop MLQA : B. Grau
- ECAI 2006, Workshop on *Spatial and Temporal Reasoning*, co-président : G. Ligozat
- Electra 2005, Workshop associé à SIGIR 05 : B. Grau
- FLAIRS 2005 : G. Ligozat
- IJCAI 2005 et 2007, Workshop on *Spatial and Temporal Reasoning*, co-président : G. Ligozat
- IJCNLP05 (International Joint conference on NLP) : P. Paroubek
- ISDD, Caen, 2006 : B. Grau
- JADT 2006 : B. Habert
- JFIM 2007 : P. Zweigenbaum
- LBM 2007 : P. Zweigenbaum
- LREC 06 : B. Grau, P. Paroubek, A. Vilnat
- LTC 2005 : G. Ligozat ; 2007 : G. Ligozat, P. Paroubek
- Ontotexte 2007 : P. Zweigenbaum
- PSB 2007 : P. Zweigenbaum
- PRICAI 2006 : G. Ligozat
- RANLP 2005 : M. Zock ; 2007 : B. Grau
- RIAO 2007 : B. Grau
- SIGDIAL Workshop 2005 et 2007 : P. Paroubek,
- TALN et RECITAL 2005, B. Grau, N. Hernandez, G. Illouz, M. Jardino, A.L. Ligozat, P. Paroubek, A. Vilnat, M. Zock ; TALN 2006 : M. Jardino, A. Vilnat ; TALN 2007 : B. Grau, P. Paroubek, P. Zweigenbaum
- TeMa 2007 : P. Zweigenbaum
- Textes et connaissances, Nantes, 2006 : B. Grau
- TIA 2007 : P. Zweigenbaum
- TIME 2006 : G. Ligozat
- Journées d'études ATALA :
 - 2005 : « Hésitations, disfluences, répétitions, faux départs : quel ordre dans le désordre ? » : B. Habert
 - 2006 : « Typologies de textes pour le traitement automatique » : G. Illouz
 - 2007 : « Productivité morphologique » : P. Zweigenbaum
- Journées de la connaissance 2006 et 2007, Atelier sur le raisonnement spatial et temporel : G. Ligozat
- Relectures pour : ACL 2007, MEDINFO 2007, AMIA 2007 : P. Zweigenbaum

Comités éditoriaux de revue et de collection

- B.Grau, co-éditrice avec Bernardo Magnini du numéro 46/3 (2005) de la revue TAL (Traitement Automatique des Langues) intitulé « Répondre à des questions » ; numéro spécial de la revue ISI, Ingénierie des systèmes d'information, intitulé « Passage à l'échelle en recherche d'information », sous la direction de Mohand Boughanem
- P. Paroubek, membre du comité de rédaction de la revue « Traitement Automatique des Langues » ; directeur de collection « Ingénierie des Langues » chez Hermès-Lavoisier (depuis 2004)
- P. Zweigenbaum, rédacteur en chef de la revue « Traitement Automatique des Langues », co-responsable de deux numéros *varia* publiés en 2007
- Relectures pour des revues internationales : *IPM*, *LRE*, *CLAO*, *Cahiers du CENTAL*, *Terminology*
P. Zweigenbaum

- Relectures pour des revues nationales : *I3*, *RIA*, *TAL*, B. Grau, A. Max, P. Paroubek, A. Vilnat, P. Zweigenbaum

Instances d'administration de la recherche

- Directeur de l'Institut de Linguistique Française (2006-) : B. Habert
- Conseil de laboratoire du LIMSI : A. Max (2004-), P. Paroubek (2004-)
- Conseil CHM du LIMSI : M. Jardino (-2006), P. Paroubek, I. Robba, A. Vilnat (2006-)
- Commission doctorants du LIMSI : I. Robba, A.-L. Ligozat
- Commission de spécialistes
- en Informatique (27^{ème} section), Paris-Sud 11, A. Vilnat (1998-) et vice-présidente (2006-), A. Max (2006-), P. Zweigenbaum (2006-)
- en Informatique (27^{ème} section.) Université d'Evry Val d'Essonne (2005-), B. Grau, I. Robba
- en Informatique (27^{ème} section.) Paris 10, B. Habert (2004-2007)
- en Sciences du Langage (7^{ème} section) Strasbourg et Paris X, B. Habert (2004-)
- Commission recherche du département informatique de Paris-Sud 11, J.B. Berthelin
- Membre extérieur du Conseil d'Administration de l'UFR de Linguistique, Université Paris 7 Denis Diderot, P. Zweigenbaum
- Président du groupe de travail *Natural Language Processing* de l'*American Association for Medical Informatics*, P. Zweigenbaum
- Responsable du comité permanent de la Conférence TALN, P. Zweigenbaum
- Membre du CA de l'ATALA (Association pour le Traitement Automatique des LANGues) depuis 2003 et Vice-présidente depuis 2005, A. Vilnat

Enseignement et diffusion des connaissances

- En Master 2 ou 3^{ème} année d'école d'ingénieurs :
 - Recherche :
 - Modules « Fondements du TAL » et « Dialogue et analyse de textes », Master recherche d'Informatique de l'université Paris-Sud 11, A. Max, A. Vilnat
 - « Traitement automatique des langues », Master 2 recherche d'Informatique biomédicale des universités Paris 5 et Paris 13 : P. Zweigenbaum
 - Professionnel :
 - à Paris-Sud 11 : « Traitement automatique de la langue » et « Indexation et Recherche d'information », Master pro d'Informatique, Systèmes et Communication Homme Machine, A. Max, A. Vilnat (-2006) ; « Fouille de données dans les corpus de textes », M. Jardino (2005)
 - à Paris 10, « Recherche et extraction d'information », Master Pro DEFI, Gestion des Documents Electroniques et des Flux d'informations, B. Habert
 - à l'INALCO, « Outils pour le traitement de corpus » Master 1 et Master 2 pro d'Ingénierie multilingue, P. Zweigenbaum
 - à l'ENSIIE : « Informatique Linguistique », B. Grau
- Autres cours :
 - à l'INALCO, en Licence : « Linguistique de corpus », P. Paroubek
 - INALCO, Paris 3 et Paris 10 « Corpus parallèles et comparables », Master 1 Documents numériques : P. Zweigenbaum
 - INALCO : « La linguistique " à l'instrument" », Cycle de conférences « Connaissances et corpus », organisé par F. Rastier et M. Slodzian, Paris 9 mars 2006, B. Habert
 - à l'EPITA, « Informatique Linguistique », J.B. Berthelin
 - Module « Outils pour le traitement de corpus », L2 et L3 de la filière francophone d'informatique de l'université de Tbilissi, Géorgie, mai 2007, P. Zweigenbaum

- Ecoles d'été et ateliers :
 - Atelier d'été « Analyse de textes par ordinateur » UQAM (Université du Québec à Montréal), août 2005, organisé par Jules Duchastel, Chaire de Recherche du Canada en Mondialisation, Citoyenneté et Démocratie - Université du Québec à Montréal (UQAM), 2006, B. Habert
 - 3ème école d'été du GDR /TIC et société - modèles de l'internet, Batz-sur-Mer, 5-9 septembre 2005, B. Habert
 - Ecole TCAN 2005 (Langue, connaissances, information), *Fouille de données dans les textes*, mai 2005, Batz sur mer, M. Jardino
 - Cours sur les ontologies, un mois, Université Kasetsart, Bangkok, 2005, M. Zock
 - Tutoriel : « Natural Language Generation : a snapshot of a fast evolving discipline », RANLP 2005, Bulgarie, M. Zock
 - 4^{ème} école d'été méditerranéenne d'information en santé, tutoriel « Référentiels sémantiques dans les systèmes d'information », Corte, juillet 2007, P. Zweigenbaum

Responsabilités universitaires

- Co-directeur du département Sciences du Langage, Paris X, Nanterre (-2007), B. Habert
- Responsable de l'option Intelligence Artificielle de l'ENSIIE, membre du conseil d'école de l'ENSIIE (1998-), Co-Directrice des études de l'ENSIIE (2005-), B. Grau
- Responsable du parcours Sciences Cognitives et des stages du master recherche en informatique, et membre du conseil de l'école doctorale, A. Vilnat, et responsables des modules « Traitement automatique des langues », « Dialogue et analyse de textes », « Indexation et recherche d'information », A. Max et A. Vilnat.
- Co-Responsable de la communication de l'IFIPS, A. Vilnat (2005-2006), responsable de la Licence Professionnelle par apprentissage PER du département Informatique de l'IUT d'Orsay (2007-), A. Vilnat
- Co-Responsable des relations internationales de l'IFIPS (2005-), co-responsable de la 2^{ème} année cycle ingénieur du département informatique à l'IFIPS (2007-), A. Max
- Directrice des études 2^{ème} année département Informatique, membre du conseil de département IUT Vélizy, I. Robba

Organisation de colloques

- Organisation des conférences francophones TALN & RECITAL 2005, Dourdan, France, 6-10 juin 2005, B. Grau, N. Hernandez, G. Illouz, M. Jardino, A.L. Ligozat, P. Paroubek, I. Robba, A. Vilnat, M. Zock, <http://taln.limsi.fr/>
- Organisation de journées ATALA (Association pour le Traitement Automatique des Langues)
 - « Articuler les traitements sur corpus », B. Habert, 12 février 2005 ;
 - « Aide la rédaction - Apports du Traitement Automatique des Langues », A. Max, 3 juin 2006.
- Organisation du séminaire « Sujet, Théorie et Praxis », Maison des Sciences de l'Homme, Paris, J.B. Berthelin, <http://www.lutecium.org/stp>
- Responsable de la piste Text Mining à la conférence internationale PSB 2007, P. Zweigenbaum

Séminaires

- B. Habert, « Normaliser les corpus pour mieux les utiliser : enjeux et solutions », Journée d'étude « Corpus : construction, exploitation, diffusion », organisée par la Revue Française de Linguistique Appliquée, Paris 15 octobre 2005 ; « Normes et règles à l'œuvre : quelles nouvelles " prises " ? », Journée LIDILEM La norme, Grenoble 23 juin 2006 ; « Instruments, instrumentation et langues », Journées LinguaStream (plateforme d'analyse de données textuelles), Caen GREYC 15-16 janvier

2007 ; « Vers des " observatoires virtuels " pour l'analyse du français ? », Séminaire Economie politique de l'édition numérique, ENS Lettres et Sciences humaines - Lyon - 26 avril 2007.

- A. Vilnat, « Les systèmes de question-réponse : présentation et enjeux futurs », Univ. Stendhal, Grenoble, 2005.
- P. Zweigenbaum, :« Building Linguistic Resources in the Medical Domain », NaCTeM, Manchester, février 2007 ; « Terminologies médicales », INIST, Nancy, mars 2007 ; « Des terminologies à la fouille de textes : enjeux du traitement automatique des langues en médecine », Lingway, Paris, mai 2007 ; « Attentes de la recherche en TAL : Le TAL dans le paradigme des sciences expérimentales », Formations et les métiers de l'ingénierie linguistique, Université Paris 10, septembre 2007 ; « Serveurs de terminologie de langue française : Les projets UMLF et VUMeF », journée du GdR STIC-Santé, septembre 2007.

Vulgarisation

- Fête de la Science 2005, « Perception, Langage et Robotique », Ferme du Moulon, Plateau de Saclay, 14-16 octobre 2005, L. Landwerlin, P. Paroubek, J. Poudade
- Fête de la Science 2006, « Perception, Langage et Robotique », Bt338, Université Paris-Sud 11, 13-15 octobre 2006, P. Paroubek, J. Poudade

Collaborations de recherche

Nationales

ATILF (Nancy), LaLICC (Paris 4), CEA (Fontenay-aux-roses), EDF R&D, France-Telecom R&D, INA, IRIN (Nantes), IRIT (Toulouse), LIA (Avignon), Lille 3, LORIA (Nancy), LIP6 (Paris 6), LRI (Paris-Sud 11), PRC-I3, XRCE (Grenoble), CNRS-ILF, Maison des Sciences de l'Homme à Paris, Inserm U872 Éq. 20 (Paris), ER-TIM INALCO (Paris), LLF (Paris), STL (Lille), INRIA (Rocquencourt), équipe Alpage.

Internationales

Université Chiao-Tung (Taiwan), Université Columbia (N.Y.,USA), Université Kasetsart (Bangkok), Université Laval (Québec), Université A. Mickiewicz (Poznan, Pologne), NACSIS (Japon), Actions GEOIDE (Canada), POLONIUM, PAPILLON (Japon), A. Pujari (Hyderabad, Inde), ITC-IRST (Italie), D. Demner-Fushman (Bethesda, MD, États-Unis), H. Yu (Milwaukee, WI, États-Unis), K.B. Cohen (Boulder, CO, États-Unis), Ph. Langlais (Montréal, Canada), M. Merkel (Linköping, Suède), C. Fairon (Louvain, Belgique).

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/01/2004	31/08/2007	CHIL	IP	UE	636 192 €	Lamel Lori	Contrat avec la commission européenne
01/04/2004	31/03/2007	TC-STAR	IP	UE	719 665 €	Gauvain Jean-Luc	Contrat avec la commission européenne
04/12/2002	04/04/2006	EVALDA	Technolangue	MENRT	66 798 €	Paroubek Patrick	Collaboration de recherche
01/01/2003	31/12/2006	Sémantique humaine	TCAN	CNRS	33 600 €	Rossi Jean Pierre	Collaboration de recherche
06/12/2005	05/12/2008	CONIQUE	Prog non thématique	ANR	93 340 €	Grau Brigitte	Collaboration de recherche
19/12/2005	19/05/2008	SEVEN	RNTL	ANR	162 677 €	Sylvaine Nugier	Collaboration de recherche
20/12/2005	31/12/2007	AUTOGRAPH	RNRT	ANR	212 597 €	Cardon Dominique	Collaboration de recherche
01/01/2007	31/12/2007	CORAL	Autre	CNRS	5 240 €	Paroubek Patrick	Collaboration de recherche
01/01/2007	31/12/2009	PASSAGE	MDCA	ANR	155 888 €	Eric de la Clergerie	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2007	C-MANTIC	MDCO	ANR	48 553 €	Slodzian Monique	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2010	AKENATON	TecSan	ANR	84 106 €	Burgun Anita	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2010	InterSTIS	TecSan	ANR	98 762 €	Forget Jean-François	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Bossard, B., *Conception d'un système de reconnaissance de gestes bimanuels : application à la réalité virtuelle et à la langue des signes*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
2. Cotteret, G., *Extraction d'éléments curvilignes guidée par des mécanismes attentionnels pour des images de télédétection : approche par fusion de données*. 2005, Université Laval Québec/LIMSI. Notes et Documents LIMSI 2005-20.
3. Grau, B., *Comprendre pour apprendre et apprendre pour comprendre, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2005, LIMSI-CNRS Université Paris Sud.
4. Ligozat, A.L., *Exploitation et fusion de connaissances locales pour la recherche d'informations précises*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
5. Poudade, J., *Emergence d'un lexique dans une population d'agents autonomes par l'action, la perception et la contingence sensori-motrice*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
6. Vilnat, A., *Dialogue et analyse de phrases, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2005, LIMSI-CNRS Université Paris Sud.

Revue à comité de lecture

1. Beaudouin, V. and B. Habert, *Vers : retour à la base*. LINX, 2007(Numéro spécial): p. 109-123.
2. Bourdil, G., F. Elkateb-Gara, O. Ferret, B. Grau, G. Illouz, B. Mathieu, L. Monceaux, I. Robba, and A. Vilnat, *Answering French questions in English by exploiting results from several sources of information*. Lecture Notes in Computer Science, 2005. **3491**(4): p. 470-481.
3. Grau, B., A.L. Ligozat, I. Robba, and A. Vilnat, *Term translation validation by retrieving bi-terms*. Lecture Notes in Computer Science : accessing multilingual information repositories, 2006. **4022/2006**: p. 380-389.
4. Jacquemin, C., H. Folch, K. Garcia, and S. Nugier, *Visualisation interactive d'espaces documentaires*. Revue I3, 2005. **5**(1): p. 59-84.

5. Jardino, M., M. Hurault-Plantet, and G. Illouz, *Identification de thème et reconnaissance du style d'un auteur pour une tâche de filtrage de textes*. RNTI. Revue des Nouvelles Technologies de l'Information, 2007. **E10**.
6. Ligozat, G. and J.F. Condotta, *On the relevance of conceptual spaces for spatial and temporal reasoning*. Spatial Cognition and Computation, 2005. **5**(1): p. 1-27.
7. Loiseau, S., *CorpusReader : un dispositif expérimental pour construire des observables*. Corpus : contexte, interprétation, codage, 2007(6).
8. Loiseau, S. and C. Poudat, *Représentation et caractérisation lexicale des sciences dans Wikipédia*. Revue Française de Linguistique Appliquée : lexique de la langue scientifique, 2007. **XII**(2007-2).
9. Max, A., *Contraindre le fond et la forme en domaine contraint : la normalisation de documents*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2006. **47**(2): p. 199-224.
10. Rosset, S., O. Galibert, G. Illouz, and A. Max, *Interaction et recherche d'information : le projet ritel*. Traitement automatique des langues, 2006. **46**(3): p. 155-179.
11. Zock, M., *Le dictionnaire mental, modèle des dictionnaires de demain?* Revue Française de Linguistique Appliquée, 2005. **X**(2005-2): p. 1-17.
12. Zweigenbaum, P., D. Demner-Fushman, H. Yu, and K. Bretonnel-Cohen, *Frontiers for biomedical text mining : current progress*. Briefings in Bioinformatics, 2007. **8**: p. 18p.
13. Zweigenbaum, P. and B. Habert, *Les corpus naissent tous comparables en droit : apports méthodologiques de l'acquisition lexicale en contexte multilingue*. Glottopol, 2006(8): p. 22-44.

Livres et ouvrages

Ouvrages individuels

1. Habert, B., *Instruments et ressources électroniques pour le français*. 2005: Editions Ophrys.

Ouvrages collectifs

1. Barkowsky, T., M. Knauff, G. Ligozat, and D.R. Montellot, eds. *Spatial cognition V : reasoning, action, interaction*. 2007, Springer.
2. Grau, B. and J.-P. Chevallet, eds. *La recherche d'informations précises : apprentissage, traitement automatique de la langue et connaissances pour les systèmes de question-réponse*. 2007, Hermès.
3. Hernandez, N., M. Jardino, and G. Pitel, eds. *Actes TALN & RECITAL 2005*. 2005, CNRS ATALA.
4. Le Ber, F., G. Ligozat, and O. Papini, eds. *Raisonnements sur l'espace et le temps : des modèles aux applications - Traité IGAT (Information Géographique et Aménagement du Territoire)*. 2007, Hermès;Lavoisier. 419p.
5. Retoré, C., S. Kahane, and P. Zweigenbaum, eds. *Revue TAL, vol. 47, n° 3 : Varia*. 2006, CNRS ATALA. 215p.
6. Retoré, C., S. Kahane, and P. Zweigenbaum, eds. *Revue TAL, vol. 47, n° 1 : Varia*. 2006, CNRS ATALA. 208p.

Chapitres d'ouvrage

1. Ferret, O. and B. Grau, *Terminologie dans la recherche d'information précise et thématique*, in *Terminologie et accès à l'information (Traité des sciences et techniques de l'information)*, W. Mustafa El Hadi, Editor. 2006, Hermès Science. p. 119-139.
2. Ferret, O. and P. Zweigenbaum, *Représentation des connaissances pour les systèmes de question-réponse*, in *La recherche d'informations précises : apprentissage, traitement automatique de la langue et connaissances pour les systèmes de question-réponse*, B. Grau and P. Chevallet, Editors. 2007, Hermès. p. 37p.
3. Grau, B., O. Ferret, M. Hurault-Plantet, C. Jacquemin, L. Monceaux, I. Robba, and A. Vilnat, *Coping with alternate formulations of questions and answers*, in *Advances in open domain question answering*, T. Strzalkowski and S. Harabagiu, Editors. 2006, Springer. p. 189-226.
4. Habert, B., *TAL sur corpus : histoire, acquis, défis*, in *Compréhension des langues et interaction*, G. Sabah, Editor. 2006, Hermès. p. 278-318.
5. Habert, B., *Portrait de linguiste(s) à l'instrument*, in *A la quête du sens : études littéraires, historiques et linguistiques en hommage à Christiane Marchello-Nizia*, H.S.P.S. Guillot Céline, Editor. 2006, E.N.S. p. 124-132.
6. Ligozat, A.L. and I. Robba, *Questions-réponses interlingues*, in *La recherche d'informations précises : apprentissage, traitement automatique de la langue et connaissances pour les systèmes de question-réponse*, B. Grau and P. Chevallet, Editors. 2007, Hermès.
7. Malaisé, V., P. Zweigenbaum, and B. Bachimont, *Mining defining contexts to help structuring differential ontologies*, in *Application-driven terminology engineering*, F. Ibekwe-SanJuan, A. Condamines, and M.T. Cabré, Editors. 2007, John Benjamins. p. 19-47.
8. Poibeau, T. and A. Vilnat, *Traitement automatique des langues et question-réponse*, in *La recherche d'informations précises : apprentissage, traitement automatique de la langue et connaissances pour les systèmes de question-réponse*, B. Grau and P. Chevallet, Editors. 2007, Hermès.

Conférences à comité de lecture

1. Ayache, C., B. Grau, and A. Vilnat. *EQueR : the French evaluation campaign of question answering systems*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
2. Barbier, V. *Quels types de connaissance sémantique pour questions-réponses?* in *RECITAL'05. Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues 2005. Session étudiante du TALN 2005*. 2005.
3. Barbier, V., B. Grau, A.L. Ligozat, I. Robba, and A. Vilnat. *Semantic knowledge in question answering systems*. in *IJCAI-05. Nineteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence : Knowledge and Reasoning for Answering Questions*. 2005.
4. Barbier, V. and A.L. Ligozat. *A syntactic strategy for filtering sentences in a question answering system*. in *RANLP 2005. Recent Advances in Natural Language Processing*. 2005.
5. Berthelin, J.-B. *Structural ambiguity in context*. in *L & T'05. 2nd Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*. 2005.
6. Berthelin, J.-B. and D. Piotrowski. *L'hypertexte entre signe et interface*. in *Interfejs - Interface. 6th International Art Meeting Katowice 2007*. 2007.
7. Boula de Mareuil, P., B. Habert, F. Bénard, M. Adda-Decker, C. Barras, G. Adda, and P. Paroubek. *A quantitative study of disfluencies in French broadcast interviews*. in *DISS'05. Disfluency in Spontaneous Speech Workshop*. 2005.
8. Condotta, J.F., G. Ligozat, and M. Saade. *An empirical study of algorithms for qualitative temporal or spatial networks*. in *Workshop on Spatial and Temporal Reasoning -ECAI 2006. The 17th European Conference on Artificial Intelligence*. 2006.
9. Condotta, J.F., G. Ligozat, and M. Saade. *A generic toolkit for n-ary qualitative temporal and spatial calculi*. in *TIME'06. Thirteenth International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*. 2006.
10. Condotta, J.F., G. Ligozat, and M. Saade. *The QAT : a qualitative algebra toolkit*. in *ICTTA'06. 2nd IEEE International Conference on Information Technologies : from Theory to Applications*. 2006.
11. Condotta, J.F., G. Ligozat, M. Saade, and S. Tripakis. *Ultimately periodic simple temporal networks in temporal and spatial calculi*. in *TIME'06. Thirteenth International Symposium on Temporal Representation and Reasoning*. 2006.
12. Condotta, J.F., G. Ligozat, and S. Tripakis. *Ultimately periodic qualitative constraint networks for spatial and temporal reasoning*. in *ICTAI 2005. The 17th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2005.
13. Cormont, S., P. Zweigenbaum, L. Brunel, and E. Lepage. *Construction d'un référentiel francophone d'analyses biologiques lié à LOINC*. in *Journées Francophones d'Informatique Médicale*. 2007.
14. Delbecq, T. and P. Zweigenbaum. *MetaCoDe : a lightweight UMLS mapping tool*. in *AIME'07. 11th Conference on Artificial Intelligence in Medicine Europe. Paru dans : Actes AIME'07, Springer, 2007*.
15. Deléger, L., F. Namer, and P. Zweigenbaum. *Analyse morphosémantique des composés savants : transposition du français à l'anglais*. in *TALN 2007. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*.
16. Deléger, L., F. Namer, and P. Zweigenbaum. *Defining medical words : transposing morphosemantic analysis from French to English*. in *MEDINFO 2007 Congress. Paru dans : Studies in Health Technology and Informatics, n° 129, IOS Press, 2007*. 2007.
17. El Ayari, S. *Evaluation transparente de systèmes de questions-réponses : application au focus*. in *RECITAL'07. Rencontres des Etudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues 2007. Session étudiante du TALN 2007*. 2007.
18. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *Human-computer dialog system in an open domain*. in *MLMI'05. 2nd Joint Workshop on Multimodal Interaction and Related Machine Learning Algorithms*. 2005.
19. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *Ritel : an open-domain, human-computer dialog system*. in *Eurospeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
20. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *RITEL : dialogue homme-machine à domaine ouvert*. in *TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
21. Grau, B., G. Illouz, L. Monceaux, I. Robba, A. Vilnat, O. Ferret, and F. Elkateb-Gara. *Application de plusieurs stratégies pour trouver des réponses en anglais à des questions posées en français*. in *CIDE 8. 8ème Colloque International sur le Document Electronique*. 2005.
22. Grau, B., A.L. Ligozat, I. Robba, A. Vilnat, M. Bagur, and K. Séjourné. *The bilingual system MUSCLEF at QA@CLEF 2006*. in *CLEF 2006 : Cross-Language Evaluation Forum (ECDL 2006. 10th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries)*. 2006.
23. Grau, B., A.L. Ligozat, I. Robba, A. Vilnat, and L. Monceaux. *FRASQUES : a question answering system in the EQueR evaluation campaign*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
24. Grau, B., I. Robba, A. Vilnat, A.L. Ligozat, F. Elkateb-Gara, and P. Paroubek. *De l'importance des synonymes pour la sélection de passages en question-réponse*. in *CORIA'05. 2ème Conférence en Recherche d'Informations et Applications*. 2005.
25. Guegan, M. and N. Hernandez. *Recognizing textual parallelisms with edit distance and similarity degree*. in *EACL 2006. 11th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics*. 2006.

26. Hernandez, N. and B. Grau. *Détection automatique de structures fines du discours*. in *TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
27. Hurault-Plantet, M., M. Jardino, and J.-B. Berthelin. *Ajustement des frontières de segments thématiques détectés automatiquement*. in *DEFT'06. 2ème Défi Fouille de Textes*. 2006.
28. Jacquemin, C., A. Afonso, A. Blum, S. de Laubier, M. Denis, H. Folch, H. Genevois, B.F.G. Katz, S. Nugier, and N. Schnell. *Design d'environnements multimodaux interactifs communicants*. in *H2PTM'05. Hypermédiatextes, Products, Tools and Methods*. 2005.
29. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *Exploration d'analyse de données textuelles et navigation contrôlée dans OCEAN*. in *IHM 2005. 17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2005.
30. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *OCEAN : 2 1/2D interactive visual data mining of text documents*. in *IV06. 10th International Conference on Information Visualisation*. 2006.
31. Ligozat, A.L., B. Grau, I. Robba, and A. Vilnat. *Question-réponse multilingue : évaluation et amélioration des stratégies de changement de langue*. in *CORIA'06. Conférence en Recherche d'Informations et Applications*. 2006.
32. Ligozat, A.L., B. Grau, I. Robba, and A. Vilnat. *L'extraction des réponses dans un système de question-réponse*. in *TALN 2006. 13e Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2006.
33. Ligozat, A.L., B. Grau, I. Robba, and A. Vilnat. *Evaluation and improvement of cross-lingual question answering strategies*. in *EACL 2006. 11th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics - WS03 Multilingual Question Answering*. 2006.
34. Ligozat, A.L., B. Grau, I. Robba, and A. Vilnat. *Systèmes de questions-réponses : vers la validation automatique des réponses*. in *TALN 2007. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*.
35. Ligozat, A.L., B. Grau, A. Vilnat, I. Robba, and A. Grappy. *Lexical validation of answers in question answering*. in *WI'07. The 2007 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence*. 2007.
36. Ligozat, A.L., B. Grau, A. Vilnat, I. Robba, and A. Grappy. *Towards an automatic validation of answers in question answering*. in *ICTAI 2007. The 19th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2007.
37. Ligozat, G. *Pictorial aspects of spatial and temporal reasoning*. in *Spatial Cognition 2006 Conference*. 2006.
38. Ligozat, G., J. Nowak, and D. Schmitt. *Caesar statuit sibi rhenum esse transeundum : from language to choremes*. in *GIScience Conference 2006. Fourth International Conference on Geographic Information Science*. 2006.
39. Ligozat, G., J. Nowak, and D. Schmitt. *From language to pictorial representations*. in *L&TC'07. 3rd Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*. 2007.
40. Martin, J.C., C. D'Alessandro, C. Jacquemin, B.F.G. Katz, A. Max, L. Pointal, and A. Riilliard. *3D audiovisual rendering and real-time interactive control of expressivity in a Talking Head*. in *IVA 2007. 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNAI 4722, Springer*. 2007.
41. Martin, J.C., C. Jacquemin, L. Pointal, B.F.G. Katz, C. D'Alessandro, A. Max, and M. Courgeon. *A 3D audio-visual animated agent for expressive conversational Question Answering*. in *AVSP 2007 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing*. 2007.
42. Max, A. *Simplification interactive pour la production de textes adaptés aux personnes souffrant de troubles de la compréhension*. in *TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
43. Max, A. *Writing for language-impaired readers*. in *CICLing 2006 - 7th International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*. 2006.
44. Paroubek, P., I. Robba, A. Vilnat, and C. Ayache. *Data, annotations and measures in EASY the evaluation campaign for parsers of French*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
45. Paroubek, P., A. Vilnat, I. Robba, and C. Ayache. *Les résultats de la campagne EASY d'évaluation des analyseurs syntaxiques du français*. in *TALN 2007. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*.
46. Poudade, J., L. Landwerlin, and P. Paroubek. *Cognitive situated agents learn to name actions*. in *ECAI 2006. The 17th European Conference on Artificial Intelligence*. 2006.
47. Rahal, M.C., F. Afonso, M. Touati, E. Diday, A. Peradotto, Y. Quatrain, S. Nugier, and M. Hurault-Plantet. *Exploitation des données d'enquêtes avec des méthodes d'analyse de données symboliques*. in *SFC 2007. XVIe Rencontre de la Société Francophone de Classification*. 2007.
48. Rosset, S., O. Galibert, G. Illouz, and A. Max. *Integrating spoken dialog and question answering : the ritel project*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
49. Zweigenbaum, P., D. Demner-Fushman, H. Yu, and K. Bretonnel-Cohen. *New frontiers in biomedical text mining*. in *PSB 2007. Pacific Symposium on Biocomputing 2007*.

Congrès sans actes, workshops

1. Grau, B., A.L. Ligozat, L. Monceaux, I. Robba, M. Sialeu, and A. Vilnat. *Term translation validation by retrieving bi-terms*. in *Working Notes for the CLEF 2005 Workshop*. 2005.

2. Adda, G., M. Adda-Decker, C. Barras, P. Boula de Mareuil, B. Habert, and P. Paroubek. *Speech overlap and interplay with disfluencies in political interviews*. in *ParaLing'07. International Workshop on Paralinguistic Speech - between models and data (ICPhS07)*. 2007.
3. Ayache, C., B. Grau, and A. Vilnat. *Campagne d'évaluation EQueR-EVALDA : évaluation en question-réponse*. in *Atelier EQueR. TALN 2005*. 2005.
4. Grau, B., G. Illouz, L. Monceaux, P. Paroubek, O. Pons, I. Robba, and A. Vilnat. *FRASQUES, le système du groupe LIR, LIMSI*. in *Atelier EQueR. TALN 2005*.
5. Grouin, C., J.-B. Berthelin, S. El-Ayari, T. Heitz, M. Hurault-Plantet, M. Jardino, Z. Khalis, and M. Lastes. *Présentation de DEFT'07*. in *DEFT'07. 3ème Défi Fouille de Textes*. 2007.
6. Hurault-Plantet, M., M. Jardino, and G. Illouz. *Modèles de langage n-grammes et segmentation thématique pour une tâche de filtrage de textes*. in *Atelier DEFT'05. Défi Fouille de Texte (TALN 2005)*. 2005.
7. Ligozat, G. *Mathematical aspects of spatial and temporal reasoning*. in *Workshop on Qualitative Reasoning - Künstliche Intelligenz 2006*. 2006.
8. Paroubek, P., J.-B. Berthelin, S. El-Ayari, C. Grouin, T. Heitz, M. Hurault-Plantet, M. Jardino, Z. Khalis, and M. Lastes. *Résultats de l'édition 2007 du Défi Fouille de Textes*. in *DEFT'07. 3ème Défi Fouille de Textes*. 2007.
9. Paroubek, P., L.G. Pouillot, I. Robba, and A. Vilnat. *EASy : campagne d'évaluation des analyseurs syntaxiques*. in *Atelier EASY. TALN 2005*. 2005.
10. Turner, W.A., B. Habert, G. Ripoche, and M. Zacklad. *Not too close, not too far : building breathing space into information infrastructures*. in *2006 Annual studies of sciences*. 2006.
11. Zock, M. *Needles in a haystack and how to find them? The case of lexical access*. in *X Simposio Internacional de Comunicacion Social*. 2005.
12. Condotta, J.F., G. Ligozat, and M. Saade, *Eligibilité de contraintes pour la résolution de réseaux de contraintes qualitatives temporelles et spatiales*, in *Atelier RTE 2007 - Atelier Représentation et Raisonnement sur le Temps et l'Espace - Plateforme AFIA*. 2007.

CHRISTOPHE D'ALESSANDRO

Introduction

Le développement des études sur la cognition et la perception montre que l'émotion, l'expression et les contingences sensori-motrices sont parties prenantes de l'intelligence humaine, c'est-à-dire de la prise de décision, de l'action, de la recherche de solution, de l'imagination, et même de la mémorisation. L'intelligence ne semble plus pour la physiologie contemporaine localisée dans le cerveau mais répartie dans le corps entier, en particulier dans ses dimensions perceptives et motrices.

L'ordinateur, qui est au départ une machine de mémorisation et de calculs logiques et arithmétiques, n'est plus envisagé aujourd'hui uniquement comme un calculateur mais aussi comme un système pour la perception et l'action. En tant que système perceptif il doit être capable d'analyser les nuances en fonction du contexte et de la situation, de capter l'information sonore, visuelle, gestuelle, tactile. En tant qu'instrument d'action, interface de contrôle, il doit traiter en temps réel les actions d'entrée pour modifier l'environnement.

Le groupe Perception Située aborde l'interaction et la communication homme machine sous l'angle de la perception et de la situation, pour les traitements en temps réel multimodaux et multimédia. « Multimodal » signifie que plusieurs modalités sensorielles ou motrices sont mises en jeux, comme les modalités visuelles, auditives, gestuelles. « Temps-réel » signifie que le contrôle et les procédures de calcul sont suffisamment rapides pour que la réponse du système semble immédiate. « Multimédia » implique des réponses en terme d'image, de son, de gestes, de mouvements. Dans le cadre des interfaces homme-machine, la perception est une clef pour explorer, comprendre et développer des systèmes de perception artificielle, de restitution multimédia et des instruments pour le contrôle expressif. La notion de « situation » implique la prise en compte du contexte de traitement, par exemple le contexte spatial pour la navigation d'une personne ou d'un robot, ou pour la restitution de l'espace sonore.

Le groupe traite des modalités visuelle, auditive et gestuelle, considérées dans les 4 dimensions de l'espace et du temps. La taille du groupe perception située étant assez importante, l'éventail des recherches menées est large : l'analyse, la perception de scènes visuelles, l'analyse, la perception et la synthèse de voix expressive, l'analyse et le contrôle gestuel de prosodie expressive, la reconstruction d'images radiologiques tridimensionnelles, la perception et la synthèse du son dans l'espace, la description et la représentation d'itinéraires et l'orientation d'agents autonomes. Par la variété de ses travaux, le groupe Perception Située participe pleinement aux 3 axes majeurs du département « Communication Homme-Machine » : les interfaces, le traitement du langage, la réalité virtuelle et augmentée.

Perception située et interfaces

Dans le cadre des interfaces, le groupe travaille d'une part sur les instruments temps-réel pour la synthèse audio et audio-visuelle, et d'autre part sur la robotique mobile. Même les animaux les plus simples ont par définition la capacité de s'orienter, d'analyser leur environnement par les sens, tactile, olfactif, chimique, auditif, visuel. La machine reste pour l'essentiel encore privée de ces capacités perceptives.

Il semble donc de plus en plus important de développer des algorithmes capable de simuler les comportements perceptifs : percevoir, être plongé dans un environnement, développer une sensibilité et une réponse à cet environnement. Les modèles de ces comportements sont sans doute à puiser dans une inspiration biologique. La compréhension des mécanismes naturels de perception guide le développement de systèmes artificiels inspirés de ces mécanismes. Un aspect important des systèmes de perception artificiels est le concept d'autonomie. L'autonomie n'est possible que dans l'hypothèse d'un monde ouvert où les symboles naissent de l'expérience et ne peuvent être donnés tous *a priori* : la perception est un processus actif intimement lié à l'action. Le processus perceptif est situé dans un contexte d'action et d'informations relatives à d'autres modalités. Il n'est pas le résultat d'un simple filtrage de l'information par un ensemble de filtres prédéfinis. Au contraire un système perceptif est le résultat d'une interaction permanente entre son environnement d'un côté, sa mémoire et ses connaissances acquises de l'autre. Le processus attentionnel

peut être considéré comme l'ensemble des mécanismes permettant cette interrelation entre information ascendante provenant de l'environnement et information descendante provenant de la mémoire.

Perception située, voix et parole

Le groupe Perception Située continue la longue tradition de synthèse vocale, à l'origine de la Communication Homme Machine au LIMSI dans les années 70. Les travaux récents portent sur plusieurs aspects de l'analyse de la synthèse et de la perception vocale, pour la voix parlée et la voix chantée. D'une façon générale, un système de communication parlée doit être capable d'analyser les nuances d'une situation particulière, et en retour de nuancer leur réponse en fonction de la situation. La pragmatique, ou situation de communication, intervient dans l'évaluation du contenu attitudinal, émotionnel et expressif de la communication. C'est un phénomène ordinaire dans les actes de communication naturels, pour lesquels le contenu de la communication est porté à la fois par « ce qui est dit » et « la façon de le dire ». La « façon de le dire » relève principalement de la prosodie et de la qualité vocale. Introduire la situation et l'expression dans les systèmes de traitement est un des grands enjeux actuels en communication homme-machine.

Perception située et réalité virtuelle

Le groupe prend pleinement part au développement de la réalité virtuelle et augmentée au laboratoire, en particulier sous les aspects de l'audio, de l'audio-visuel, du geste, de la cognition et de l'assistance à l'acte chirurgical. La perception est un processus fondamentalement multimodal, alliant audition, vision, geste et leurs interactions. Le groupe développe particulièrement les études sur l'espace. Il s'agit de l'espace auditif pour la spatialisation du son et l'acoustique des salles, de l'espace perçu, mémorisé et décrit verbalement pour les travaux sur la représentation d'itinéraires, de l'espace visuel pour les travaux sur l'analyse de scène et la robotique mobile. Des systèmes de rendu audio-visuel spatialisés et temps réel sont développés, tant pour les études cognitives, pour la synthèse audio et audio-visuelle, que pour la visualisation d'organe en cours d'opération chirurgicale.

Présentation de la recherche

Les activités du groupe sont actuellement distribuées sur 5 thèmes de recherche, chaque thème menant éventuellement plusieurs projets :

- **Analyse et Synthèse Audio** : ce thème s'occupe d'analyse, de synthèse et de perception de la parole et de la voix, en particulier de traitement du signal audio, de modélisation et de perception pour les aspects expressifs de la voix (qualité vocale et prosodie). Des projets associent le geste et la parole audio et la parole visuelle.
- **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.
- **Imagerie Médicale** : ce thème développe des systèmes d'imagerie radiologique et de réalité augmentée appliqués à l'aide au diagnostic et à l'intervention chirurgicale. Les systèmes développés sont utilisés par les praticiens comme assistance, donc rapides et performants.
- **Son & Espace** : ce thème traite des aspects spatiaux de l'audition pour la réalité virtuelle audio, de l'acoustique dans l'espace (acoustique des salles, interaction salle/instrument, rayonnement des sources) et d'acoustique des instruments de musique.
- **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.

Evolution du groupe

Le groupe a connu plusieurs évolutions ces quatre dernières années. Deux nouveaux thèmes ont été créés, tous deux autour de problématiques liées à l'espace. Le premier thème « son et espace » s'occupe des aspects spatiaux de l'acoustique (acoustique des salles, audition spatiale, auralisation etc.) et de réalité virtuelle audio. Ce thème émergent, animé par B. Katz, a été créé en 2004 pour développer une compétence nouvelle au LIMSI. Le second nouveau thème, « image, langage, espace » correspond à une activité plus ancienne, puisqu'il s'agit du rattachement au groupe d'une partie de l'ancien groupe « cognition humaine ».

Ce thème, qui traite de la cognition spatiale et des images mentales, a été créé en 2005 et est dirigé par M. Denis.

Trente cinq permanents, post-docs et doctorants participent actuellement aux travaux du groupe : 7 chercheurs CNRS, 3 ITA CNRS, 5 enseignants chercheurs, 14 doctorants. Le nombre de post-doc (6) est en nette augmentation, à la suite de la création de l'ANR, et des possibilités offertes de recrutement de chercheur temporaire. Chaque année, le pic des effectifs est atteint de mars à septembre, car en moyenne une douzaine de stagiaires de master recherche ou d'écoles d'ingénieur s'ajoutent aux membres permanents, aux post-doctorants et aux doctorants.

Pour ce qui est des mouvements de permanents, sur la période 2007 on peut noter trois départs et six arrivées : C. Soussen (MC Paris-Sud 11) a été nommé à Nancy à la rentrée 2005, P. Boula de Mareuil a rejoint le groupe TLP à la rentrée 2005, E. Frenoux a été recrutée comme MC à Paris-Sud 11 à la rentrée 2005. M. Denis, M. Carfantan, M.-P. Daniel et L. Carité ont rejoint le groupe début 2005. A. Rilliard (CR CNRS), a été affecté au LIMSI dans le groupe, en provenance du GIPSA de Grenoble, sur la thématique de la prosodie en parole expressive. Enfin, J.-S. Liénard (DR CNRS) a été nommé directeur de recherche émérite, et Vu Ngoc Tuan (MC Paris-Sud 11) vient de partir en retraite.

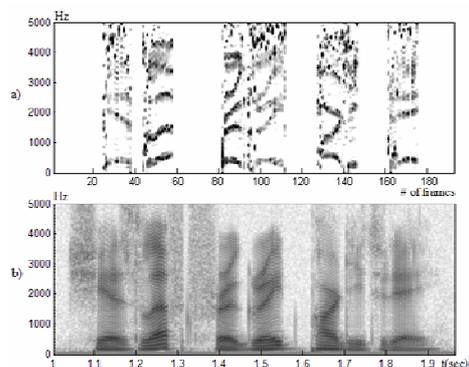
Thème Analyse et synthèse audio

C. d'Alessandro, B. Doval, S. Lamesch, S. Lebeux, L. Pointal, A. Rilliard, D. Sciamarella, N. Sturmel, Vu Ngoc Tuan

Les travaux de ce thème portent sur l'analyse et la synthèse de la parole, dans les modalités audio, audio-visuelle et gestuelles. La parole expressive est particulièrement étudiée.

Qualité vocale et source vocale

Les variations prosodiques s'accompagnent toujours de variations de la source vocale, ou source glottique. Le domaine de la qualité vocale est vaste, pas très bien délimité, et fait l'objet de plusieurs projets dans le groupe. Un premier aspect est l'étude de la source glottique. Contrairement à la plupart des recherches récentes sur l'onde de débit glottique, qui abordent le problème dans le domaine temporel, nous avons développé depuis quelques années une approche spectrale (voir page de présentation « [The spectrum of glottal flow models](#) »), le modèle spectral causal-anticausal, ou modèle à phase mixte. En collaboration avec la Faculté Polytechnique de Mons (B. Bozkurt et T. Dutoit) nous avons proposé une nouvelle méthode basée sur les zéros de la transformée en Z (ZZT : Zeros of Z transform) du signal pour estimer ce modèle. La représentation ZZT est une nouvelle classe de représentation du signal de parole qui commence à avoir un impact significatif dans le domaine de l'analyse de la parole. Avec un choix correct de la fenêtre d'analyse, on peut séparer la partie causale et la partie anticausale du signal et ainsi estimer les paramètres de l'onde de débit glottique, sans filtrage inverse. Cette méthode permet aussi d'estimer les formants du conduit vocal et la partie causale de l'onde de débit glottique. Une évaluation comparative de la ZZT par rapport aux méthodes de filtrage inverse par prédiction linéaire (voir page de présentation « [Gestural control of voice synthesis](#) ») est nettement en sa faveur. Une thèse (N. Sturmel) a commencé en 2006 sur l'analyse de la source par ZZT.

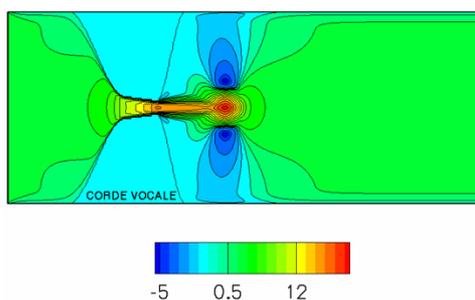


Qualité vocale et source vocale

La source vocale est également analysée à l'aide de mesures acoustiques et électroglottographiques. Une méthode de mesure du quotient ouvert indépendante du système supraglottique a été développée, évaluée et appliquée à une large base de données. Cette méthode consiste à mesurer sur la dérivée du signal EGG la durée séparant le pic de fermeture glottique du pic d'ouverture. Dans le cadre d'une collaboration avec l'institut Jean le Rond d'Alembert (équipe « Laboratoire d'Acoustique Musicale ») une thèse sur l'analyse et la synthèse de la voix chantée (S. Lamesch) a commencé en 2006. Les travaux portent actuellement sur l'analyse de la voix mixte dans le chant lyrique.

L'analyse de la source a été appliquée à la phonologie du Vietnamien (voir page de présentation « [Detection of Glottal Closing Instant on Electroglossographic Signal by a Threshold Method and on Acoustic Signal by Wavelets Transform](#) »). En effet, les langues à tons sont des langues dont le système phonologique comprend des éléments prosodiques. En Vietnamien certains tons sont marqués par des changements de hauteur mélodique (tons montants, tons descendants par exemple), alors que d'autres tons sont marqués par des changements de hauteur spectrale (tons étranglés par exemple). Le premier cas, lorsque la hauteur tonale réalise phonétiquement les tons, est bien connu en phonétique. Le second cas a été beaucoup moins étudié et fait l'objet spécifique de cette recherche. Dans la continuité de nos travaux sur la perception tonale d'une part et sur la perception de la qualité vocale, d'autre part, nous avons étudié la réalisation des tons distinctifs dits « étranglés ». Un corpus de Vietnamien parlé, avec des oppositions phonologiques pour les 6 tons du Vietnamien a été recueilli. Les signaux acoustiques et EGG ont été analysés. Il est apparu que les tons étranglés résultent de variations de quotient ouvert, et des données quantitatives ont été obtenues (collaboration avec A. Michaud, de l'Institut de Phonétique, Paris 3).

Qualité vocale et source vocale



Une approche de la source vocale complémentaire de l'approche phénoménologique par traitement du signal, est l'approche physique, par modélisation mécanique (voir page de présentation « [Unsteady flow dynamics through the glottis for vocal production modeling](#) »). Depuis plusieurs années nous mettons à profit les compétences des deux départements du laboratoire pour étudier la voix. Cette collaboration s'est établie grâce à la présence de D. Sciamarella qui a mis en oeuvre le modèle à deux masses de Flanagan revu par N. Lous et collègues. Dans un domaine où les mesures expérimentales invasives sont exclues, les modèles mécaniques permettent de simuler la production véritable et ainsi de mesurer des variables impossibles à atteindre par d'autres approches. Dans un premier temps, nous avons fait le lien entre le modèle à deux masses et la description phénoménologique de la source, en termes de traitement du signal, afin d'évaluer dans quelle mesure les modèles de signaux et les signaux issus du modèle à deux masses sont compatibles. Ainsi il apparaît que les registres laryngés apparaissent même sur un modèle symétrique à deux masses, dont la dynamique est donc assez complexe pour simuler la voix. Dans un deuxième temps nous avons étudié les spectres produits par le modèle à deux masses, afin de faire le lien entre modèles mécaniques et modèles de signal. C'est un moyen indirect d'évaluer les deux types de modèles et ainsi de mieux comprendre la production vocale. D. Sciamarella est actuellement en détachement à l'université de Buenos-Aires.

Contrôle gestuel de la synthèse de parole

Nous avons développé des systèmes de contrôle gestuel pour la synthèse de parole (voir page de présentation « [Gestural control of voice synthesis](#) »). Il s'agit d'instruments, au sens musical du terme, suffisamment sophistiqués pour synthétiser une voix réellement expressive, jouée par un opérateur. Ce projet implique le contrôle en temps réel des paramètres acoustiques responsables de l'expression. Une première tâche est d'identifier ces paramètres. Ensuite, il faut mettre en oeuvre des contrôleurs gestuels temps réel pour piloter un synthétiseur de parole ou de voix. Une première série de réalisations a vu le jour l'été 2005 dans le cadre d'un workshop (réseau d'excellence SIMILAR) où nous avons proposé ce projet de « Speech conductor ». Des synthétiseurs vocaux pilotés par des contrôleurs gestuels ont été mis en oeuvre et démontrés. La synthèse produite est très naturelle. La thèse de S. LeBeux commence à l'automne 2005 sur ce sujet. Les instruments gestuels sont appliqués à l'étude de la prosodie expressive et à la synthèse à partir du texte. Dans le cadre d'un projet ANR, nous mettons en oeuvre une interface beaucoup plus riche (le « méta instrument », avec 54 capteurs) pour le contrôle gestuel de la synthèse vocale.

Prosodie des attitudes et de l'expression

L'expression et les attitudes en parole sont particulièrement portées par la prosodie. L'arrivée récente d'un nouveau chercheur CNRS, A. Riiliard, renforce et diversifie nos études sur la prosodie expressive, en particulier la prosodie des attitudes. Cette arrivée est accompagnée d'une ATIP du CNRS (SHS) sur les attitudes et le contrôle gestuel de la prosodie. Une première expérience d'évaluation du contrôle gestuel de l'intonation a été conduite. Une perspective très intéressante est également l'analyse comparée des attitudes dans différentes cultures et langues (voir page de présentation « [Intercultural expression and perception of](#)

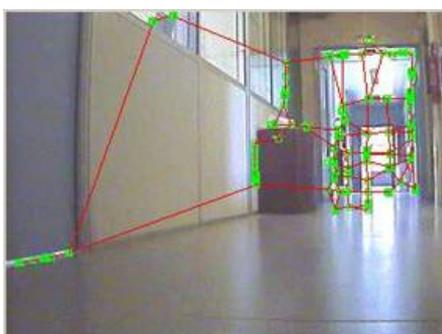
[Japanese, English & French social affects](#) »), analyse qui indique une utilisation différente de la qualité vocale en rapport avec la prosodie pour l'expression.

Synthèse audio-visuelle et spatialisée

Le synthétiseur à partir du texte développé au laboratoire a été intégré ces deux dernières années au projet d'agent virtuel communicant ou « tête parlante » (voir page de présentation « [3D audiovisual rendering and real-time interactive control of expressivity in a Talking Head](#) ») décrit ailleurs dans ce rapport d'activité. La génération de visèmes (formes des lèvres) correspondant aux phonèmes a été intégrée au synthétiseur. La position et l'orientation de l'agent dans la scène virtuelle est également rendue par la spatialisation sonore de la synthèse, décrite plus bas.

Thème Systèmes et modèles perceptifs

Ph. Tarroux, J.-S. Liénard, S. Chevalier, C. Coussinet, N. Cuperlier, M. Dubois, H. Guillaume, C. Huetz, L. Pointal, F. Signol



Le thème développe des recherches concernant la perception artificielle. Ces travaux s'appuient sur l'idée principale que les mécanismes de perception sont indissociables du système qui les héberge et de ses compétences comportementales. Ainsi, la perception ne peut être considérée comme un ensemble de mécanismes de filtrage de l'information sensorielle provenant des capteurs conduisant à une représentation interne du monde. Elle 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.

Dans ce contexte, nos recherches se développent selon trois axes qui concernent la détermination des contextes d'une scène visuelle, la modélisation de processus pré-attentionnels et attentionnels et l'implémentation de nouvelles formes de représentation du monde extérieur par l'intermédiaire des relations perception-action. Ainsi nous considérons les mécanismes perceptifs comme indissociables des processus comportementaux qui les suscitent et qu'ils alimentent. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de tester ces approches sur des systèmes robotiques autonomes.

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 (voir page de présentation « [Probabilistic models for object recognition in artificial vision](#) » associés à des méthodes bayésiennes permettant la modélisation de la relation entre objets et contextes (thèse d'H. Guillaume), et une méthode mettant en œuvre des réseaux de neurones pulsés (voir page de présentation « [Attentional mechanisms with spiking neurons](#) ») et des mécanismes de codage temporel (thèse de S. Chevallier) (voir page de présentation « [Spike timing and information transmission in biological](#)

[neural networks](#) »). Nous avons pu bénéficier cette année du séjour postdoctoral de N. Cuperlier qui a permis d'ajouter de nouvelles méthodes de recherche de points saillants aux outils existant et de débiter une étude de reconnaissance du contexte fondée sur l'exploration active de ces points dans une scène visuelle. Nous espérons ainsi pouvoir coupler des modèles de navigation fondés sur la prise en compte d'amers de l'environnement avec des modèles topologiques de plus haut niveau concernant la reconnaissance d'environnements complexes.

Un système robotique réellement autonome ne peut s'appuyer sur une représentation du monde donnée *a priori* de façon arbitraire. Une telle représentation doit émerger de ses interactions avec le monde extérieur et dépendre de ses capacités à agir sur son environnement. La représentation du monde d'un système autonome est intrinsèquement liée à la nature et aux performances de ses capteurs mais également à ses capacités d'exploration du monde extérieur au travers de ses compétences motrices. Ainsi, le concept de contingences sensori-motrices est au centre de l'appréhension de son environnement par un système naturel ou artificiel. La thèse de C. Coussinet a été l'occasion d'étudier la mise en œuvre de telles contingences sensori-motrices sur des robots. Pour ce faire, C. Coussinet a développé un nouveau système de classeurs prenant en compte la notion d'anticipation. On peut ainsi faire l'apprentissage d'un environnement au travers de la capacité du système à prédire les conséquences sensorielles de ses actions.

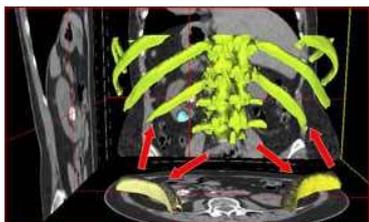
L'analyse de scènes ne s'applique pas aux seules scènes du monde visuel. La modalité auditive permet également de localiser et de séparer les sources sonores présentes dans notre environnement (ASA, Auditory Scene Analysis). Il s'agit là d'un problème crucial pour l'auditeur humain en situation de malentendance, 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.

Nous avons le projet de nous intéresser à court terme à la généralisation du paradigme de la robotique autonome à des systèmes perceptifs diffus dans lesquels un environnement muni de capteurs perceptifs actifs peut être vu comme une entité artificielle. Le laboratoire développe par ailleurs un projet de pièce intelligente dans lequel nous proposons de concevoir un environnement intelligent comme un système autonome doté de capteurs, d'effecteurs et de capacités cognitives. La construction d'un tel système pourrait ainsi bénéficier des réflexions conduites depuis de longues années par la robotique autonome concernant les notions d'autonomie, l'apprentissage, la relation perception-action et les capacités cognitives.



Thème Imagerie radiologique

A. Osorio, F. Abdin, S. Dahdouh, E. Frenoux, J. Nauroy, L. Pointal, X. Ripoche



Cette activité de recherche est centrée sur la segmentation 3D d'images radiologiques (voir page de présentation « [Validating and helping surgical laparoscopies using radiological images and 3D segmentations](#) »), en développant un système informatique de traitement d'images radiologiques (PTM3D : Poste de Traitement Médical 3D). L'objectif in fine de ce travail est de contribuer à répondre à une question anatomique clé : où est la lésion, combien mesure-t-elle ? Où est l'organe, combien mesure-t-il ? Or les unités d'acquisition d'images (scanners, et IRM notamment) sont de plus en plus précises (voxels de volume inférieur au mm^3). Deux approches spécifiques différencient cette activité vis-à-vis des autres équipes travaillant sur l'imagerie 3D : A) Une image radiologique est trop complexe pour être analysée

automatiquement donc, l'utilisateur désigne la région d'intérêt. B) En radiologie, les praticiens sont intéressés par la « segmentation » précise d'organes et de lésions, et non par des vues 3D globales sans utilité clinique. Le praticien choisit donc les régions à segmenter, initialise le processus de reconstruction et « contrôle » la génération automatique de volumes en pouvant intervenir à tout moment. Aujourd'hui plus d'une centaine d'exemplaires du système informatique PTM3D sont utilisés dans le monde. Les travaux spécifiques menés actuellement portent sur les points suivants.

1.- Segmentation semi-automatique du foie

A partir d'un scanner ou d'une IRM, l'opérateur désigne un ensemble de 8 points anatomiques connus. Le système informatique génère automatiquement les segments de Couinaud, fournissant leur positionnement et la mesure de leurs volumes avec la précision de l'imagerie radiologique. L'objectif est la planification chirurgicale d'hépatectomies en disposant d'un système rapide, fiable et indépendant de l'opérateur (problème clé en imagerie radiologique). Ce travail a été effectué en collaboration avec l'Hôpital Edouard Herriot (Lyon), et le Faulkner Hospital (Boston, USA), services de radiologie et de chirurgie.

2.- Localisation et mesure du volume de lithiases

A partir d'un scanner hélicoïdal le logiciel PTM3D assure la localisation et la mesure du volume de lithiases rénales, vésicales et biliaires, ce qui aide à la planification chirurgicale et assure la vérification de pertes de matière ainsi que les traitements cliniques éventuels ultérieurs. Le système est indépendant de l'opérateur. Ce travail est effectué en collaboration avec le CHU Tenon (Paris), services de radiologie, d'urologie et de chirurgie et avec le Centre d'Imagerie Médicale de la Fédération Mutualiste Parisienne.

3.- Localisation et mesure du volume de lésions cérébrales

L'imagerie scanner est très mal adaptée à la localisation des lésions crâniennes. L'imagerie IRM s'impose pour l'identification de ces lésions mais seules les images scanner fournissent la précision requise pour les interventions cérébrales (meilleure que 0.5 mm). PTM3D assure la fusion de données multimodales (scanner, IRM, PET scan) afin de disposer simultanément de la précision et des informations cliniques requises. La réalité augmentée est utilisée en ligne pour la réalisation et la validation de ponctions. Ce travail est effectué en collaboration avec l'ENST (Paris) et le CH Sainte Anne (Paris), services de radiologie et de neurochirurgie et fait l'objet d'un contrat avec l'Institut National du Cancer.

4.- Imagerie radiologique et masses de données

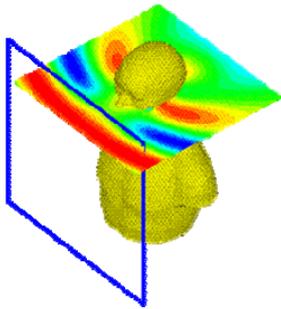
La radiologie constitue aujourd'hui l'une des toutes premières sources de données massives dans le monde. Chaque unité scanner ou IRM génère plusieurs giga-octets par jour. Trois problèmes apparaissent : la sauvegarde de ces données, la recherche d'examen dans des bases de données très volumineuses et dispersées et le traitement en ligne de ces données. Dans ce contexte, nous participons à l'ACI Masses de données [AGIR](#), de l'Université de Paris-Sud 11 pour le traitement parallèle d'images radiologiques, l'archivage et l'interrogation de Bases de Données radiologiques de très grande taille. Une version « grille » de PTM3D a été développée et validée et elle a constitué le sujet d'une thèse soutenue en 2007.

5.- Réalité Augmentée et fusion 2D/3D dans les coelioscopies

Le futur de la chirurgie est probablement la chirurgie sous coelioscopie. Une plus faible morbidité, la diminution drastique des temps d'hospitalisation, la diminution des effets secondaires et le confort des patients constituent notamment des atouts pour ce type d'intervention. Néanmoins un risque spécifique est associé aux interventions sous coelioscopie : le positionnement et l'insertion des trocars. Un traitement approfondi des images TDM du patient et des lésions permet la diminution des risques opératoires et conduit à une augmentation du confort et de l'assurance du chirurgien. Le système PTM3D dispose d'un système original de projection vidéo sur le corps du patient permettant au chirurgien une localisation précise des organes et de lésions. La fusion en temps réel de l'imagerie 2D (au bloc) avec la segmentation 3D faite en phase pré-opératoire, guide la main du chirurgien dans l'insertion des trocars mais aussi dans la réalisation de ponctions. Cette approche a été validée en ligne dans des cholécystectomies, dans des interventions rénales et dans les gastroplasties. Ce travail est effectué en collaboration avec la Clinique La Présentation (Fleury les Aubrais), le CHU Tenon (Paris) et le UCLA Hospital (Los Angeles, USA). Ce travail a eu trois récompenses « Certificate of Merit » et une récompense « Cum Laude » dans les derniers congrès RSNA ainsi que le premier prix des « Entretiens de Bichat ».

Thème Son et espace

B. Katz, C. d'Alessandro, A. Blum, G. Defrance, R. Greff, M. Noisternig, L. Picinali, L. Pointal, A. Raake, D. Schonstein



Depuis 2005, le thème Son & Espace a considérablement développé ses activités via des collaborations internes au sein du laboratoire et en dehors du LIMSI. Les activités sont groupées autour de quatre directions de recherche : l'Audition Spatiale, l'Acoustique des Salles, l'Acoustique Musicale, et l'Audio 3D et Réalité Virtuelle (voir page de présentation « [The use of 3D-audio in a multi-modal teleoperation platform for remote driving/supervision](#) »). Dans les paragraphes suivants est résumée une sélection d'activités, de projets, et d'efforts de valorisation du thème Son & Espace.

Rendu spatialisé des sons

Depuis 2005, l'équipe a abandonné les moteurs de rendu audio 3D commerciaux pour développer en interne une plateforme de rendu, adaptée à la recherche et capable d'intégrer au fur et à mesure les résultats nouveaux de nos travaux. Deux moteurs sont en cours de développement, un premier moteur pour le rendu sur réseau de haut-parleurs et un second moteur pour le rendu sur casque audio. Le rendu sur haut-parleurs a des avantages dans le cas d'auditeurs multiples, pour les environnements sans suivi (tracking) des auditeurs, et également pour les installations à grande échelle. Le rendu sur casque offre une précision plus importante et un rendu plus réaliste, mais avec un coût de calcul élevé. Notre approche est plutôt centrée sur un rendu précis, au prix de l'efficacité. Le moteur de calcul (LSE, LIMSI Spatialisation Engine) est maintenant incorporé dans plusieurs projets et son développement se poursuit. Les efforts récents portent sur le rendu des sons très proches de l'utilisateur, l'ajustement du rendu à la morphologie de l'utilisateur (taille de tête, etc.), et la correction en fonction du modèle de casque audio utilisé (voir page de présentation « [Perceptual evaluation of HRTF notches versus peaks for vertical localization](#) »). Ce logiciel fera l'objet d'un dossier de valorisation pour fin 2007. Une thèse CIFRE a commencé en 2007 sur l'adaptation du rendu à l'utilisateur, adapté aux appareils nomades (téléphone portable, station de jeux, etc.).

Synthèse de rayonnement spatialisée

En particulier dans le cadre du projet AI et ASP « tête parlante » décrit ailleurs dans ce rapport d'activité, une étude de grande ampleur sur le rayonnement de la voix a commencé. Apportant une avancée significative par rapport aux études précédentes, ce travail étudie en particulier les variations de rayonnement de la voix avec une résolution temporelle fine (voir page de présentation « [Measurement of 3D Phoneme-specific radiation patterns in speech and singing](#) »), au niveau du phonème, pour la voix parlée et pour la voix chantée. Les résultats de cet étude sont combinés avec le moteur de synthèse du thème Analyse et synthèse audio (seLIMSI) pour adapter le rendu audio de l'avatar en fonction de son orientation et ses mouvements. Les approches développées seront utilisées pour des sources plus génériques dans nos environnements virtuels.

PLOREAV (Prothèses pour la Localisation des Objets Réels via un Environnement Audio Virtuel)

Ce projet a commencé en 2005 via une collaboration avec l'équipe DIAMANT de l'IRIT. Le but de ce projet est d'utiliser un système de reconnaissance d'image pour permettre à un nonvoyant de détecter la présence et la position d'objets réels. Par des commandes vocales, le système peut guider l'utilisateur vers l'objet désiré en utilisant un rendu audio spatialisé. Ce projet combine plusieurs problématiques et plusieurs tâches d'intégration. Le rendu audio 3D proche de l'utilisateur a été étudié puis intégré dans notre propre moteur de rendu audio, le LSE. Dans le contexte de ce projet, les études sont en cours pour connaître les capacités humaines de localisation des sources sonores dans la région accessible au toucher. Le groupe a bénéficié d'une Action Incitative pour partie en 2005 et 2006, en plus du financement à l'IRIT. En 2006 la collaboration LIMSI et IRIT a reçu un financement PEPS du CNRS de deux ans pour réaliser un prototype.

Sound Delta

Démarré en 2007, ce projet ANR (dans lequel le LIMSI et ce thème portent la plus grande partie recherche) a comme sujet la composition musicale interactive collective, jusqu'à 200 personnes. Avec un rendu spatialisé, temps-réel, et individuel pour chaque spectateur/acteur, nous travaillons sur l'optimisation et la hiérarchisation de l'encodage et du décodage spatial. Ce projet implique aussi le groupe AMI pour les aspects gestion de scène et rendu graphique.

Wayfinding

Le projet « Wayfinding » (du thème Image Langage Espace, décrit plus bas dans ce rapport d'activité) est la continuation de la collaboration engagée au sein du laboratoire entre les recherches en audition spatiale et en cognition spatiale (voir page de présentation « [Navigating in a virtual audio environment](#) »). Les efforts sont centrés sur la capacité de navigation chez les non-voyants via l'audition. Responsable pour l'aspect acoustique/audio, nous sommes intéressés par la navigation dans les lieux clos et par la détection des murs. Un corpus de données audio sur plusieurs lieux a été collecté et annoté. Des tests perceptifs pour la comparaison des paramètres de rendu sont en cours. Un modèle virtuel est en cours de développement et une comparaison est envisagée pour début 2008.



Interfaces et organologie : orgue et clavichorde

La question de l'interface expressive a reçu au cours des époques d'extraordinaires réponses dans les instruments de musique, dont la science est l'organologie. Etymologiquement, orgue dérive du grec « organon » qui signifie aussi bien machine, instrument, qu'ensemble de parties et dont dérivent en Français les mots « orgue », « organiste », mais aussi « organe », « organisme », voire « organiser » et « organisation ». C'est donc, pour ce qui est de l'expression musicale, le terme générique qui a servi à désigner un « instrument », ce que dans le domaine de l'informatique on associerait volontiers à une interface multimodale (en entrée et en sortie) couplée à un algorithme de synthèse sonore. Ces dernières années ont en effet vu un développement considérable de la recherche en « nouvelle organologie » sur les nouvelles interfaces pour l'expression musicale. Dans ce cadre nous menons au LIMSI à la fois des recherches sur les nouvelles interfaces pour le contrôle de la synthèse expressive (et également pour le contrôle temps réel de l'image) et des recherches sur les interfaces expressives « anciennes », les instruments de musique. Le plus expressif des instruments à clavier est le clavichorde. Un projet sur l'acoustique du clavichorde, et en particulier le contrôle du son par le geste de l'instrumentiste est en cours (voir page de présentation « [On the acoustics of the clavichord](#) »). En relation avec la perception de la qualité vocale, nous étudions aussi la qualité tonale de l'orgue et du clavichorde, en vue d'une documentation acoustique des instruments (en particulier des instruments historiques).

OPERA (OPTimisation PErceptive du Rendu Audio)

Le projet OPERA, développé dans le cadre du programme RNTL pendant deux ans, s'est achevé fin 2005 (site web du projet : <http://www-sop.inria.fr/revs/OPERA/>). Les résultats de ce projet sont en particulier sous forme de production scientifique (3 présentations aux conférences internationales), ainsi qu'un dossier de valorisation accepté sur un logiciel de prédiction d'intelligibilité en situation multi-locuteurs et un corpus de données pour faire des évaluations d'intelligibilité (type SRT) en français.

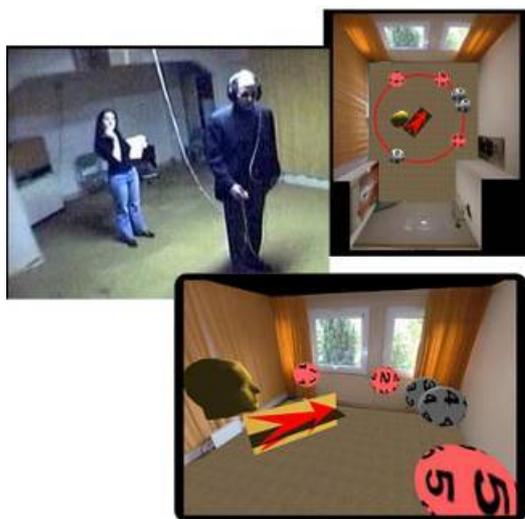
Thème Image, langage, espace

M. Denis, A. Afonso, A. Blum, M. Carfantan, L. Carité, M.-P. Daniel, E. Machrouh, L. Pointal

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. Péruich (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 est en cours dans le cadre du STREP "Wayfinding" sur la comparaison des descriptions écrites et des descriptions orales (voir page de présentation « [Spoken versus written route directions](#) ») M.-P. Daniel et E. Przytula-Machrouh).

Etude des dysfonctionnements de la cognition spatiale

Dans une collaboration avec P. Boyer, à l'Hôpital de la Salpêtrière, nous avons testé, dans une population de patients schizophrènes, différentes manifestations des perturbations de la cognition spatiale. Les patients, ainsi que les participants témoins, étaient invités à se déplacer le long d'un trajet dans l'enceinte de l'hôpital. Ils devaient ensuite exécuter quatre tâches : rappel verbal, rappel dessiné, reconnaissance de scènes rencontrées pendant le trajet, identification de l'ordre dans lequel ces scènes avaient été rencontrées. Les résultats font apparaître la faible présence des repères visuels dans les descriptions verbales des patients. En matière de reconnaissance de scènes visuelles, le taux de reconnaissance n'est pas différent chez les patients par comparaison avec les témoins, mais la reconnaissance de l'ordre temporel des scènes est spécialement affectée chez eux. Ces résultats sont mis en relation avec les hypothèses actuelles relatives aux déficits hippocampiques dont souffrent les patients schizophrènes. Ce travail a fait l'objet de la thèse de C. Morès (thèse soutenue en décembre 2006), avec la participation de M.-P. Daniel et L. Carité et le soutien partiel du STREP "Wayfinding".

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 oeuvre 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).

Personnel

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Maryvonne	Carfantan	ITA	IE2	CNRS
Luc	Carite	ITA	1B	CNRS
Christophe	d'Alessandro	Ch	DR2	CNRS
Marie-Paule	Daniel	Ens-Ch	MC	Paris XI
Michel	Denis	Ch	DR1	CNRS
Boris	Doval	Ens-Ch	MC	Paris II
Emmanuelle	Frenoux	Ens-Ch	MC	Paris XI
Brian	Katz	Ch	CR1	CNRS
Jean-Sylvain	Liénard	Ch	DR1	CNRS
Angel	Osorio Sainz	Ch	DR2	CNRS
Laurent	Pointal	ITA	IE2	CNRS
Albert	Rilliard	Ch	CR2	CNRS
Denisse	Sciamarella	Ch	CR2	CNRS
Philippe	Tarroux	Ens-Ch	Pr2	ENS Ulm
Tuan	Vu Ngoc	Ens-Ch	MC	Paris XI

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Sarwan	Abbasi	Informatique	Paris XI
Fadi	Abdin	STITS	Paris XI
Sylvain	Chevallier	Informatique	Paris XI
Sonia	Dahdouh	Informatique	Paris XI
Mathieu	Dubois	Informatique	Paris XI
Valentin	Emiya	Informatique	Paris XI
Raphaël	Greff	SMAE	Paris VI
Hervé	Guillaume	Informatique	Paris XI
Sylvain	Lamesch	SMAE	Paris VI
Sylvain	Le Beux	STITS	Paris XI
Julien	Nauroy	Informatique	Paris XI
David	Schonstein	SMAE	Paris VI
François	Signol	STITS	Paris XI
Nicolas	Sturmel	STITS	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Amandine	Afonso	Post-Doc
Cédric	Coussinet	Post-Doc
Loïc	Kessous	CDD
Edyta	Machrouh	Post-Doc
Markus	Noisternig	CDD
Lorenzo	Picinali	CDD

Participation à des instances

Responsabilités scientifiques

- C. d'Alessandro est membre de la Commission Supérieure des Monuments Historiques, membre de la commission de spécialistes 61^{ème} section de l'Université Paris Sud 11.
- Depuis août 2004, M. Denis est "Past President" de l'Union Internationale de Psychologie. Depuis septembre 2002, il est membre du Bureau Exécutif du Conseil International pour la Science (International Council for Science, ICSU), poste auquel il vient d'être réélu par l'Assemblée Générale de l'ICSU (octobre 2005). Depuis décembre 2003, il est membre du Bureau du Comité Français des Unions Scientifiques Internationales (COFUSI). Il est membre du Comité National de la Recherche Scientifique, président de la CID 45 (Cognition, Langage, Traitement de l'Information : Systèmes Naturels et Artificiels).
- J.-S. Liénard est membre de l'Institut Bull, membre élu du Comité Scientifique du Réseau d'Ile-de-France de Sciences Cognitives, membre du Comité Scientifique du PRST Intelligence Logicielle de la région Lorraine, membre de la commission de spécialistes 61^{ème} section de l'Université Paris Sud 11 (jusqu'en 2007).
- B. Katz est membre du bureau du Groupe Spécialisé d'Acoustique Musicale, Société Française d'Acoustique.
- A. Osorio est membre du Comité Scientifique I4 de la Société Française de Radiologie.
- P. Tarrow est directeur adjoint du LIMSI, membre du comité de programme de Digiteo.

Comité éditoriaux :

- C. d'Alessandro a été rédacteur en chef de la revue Traitement Automatique des Langues (jusqu'en 2005)
- C. d'Alessandro est Associate Editor de EURASIP Journal on Speech and Audio Processing
- M. Denis est éditeur depuis 2005 de *Psychological Research*, et Editeur Invité d'un numéro spécial intitulé "Spatial Cognition: Behavioral, Neurocognitive, and Computational Approaches" (avec J. M. Loomis)
- M. Denis est 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).

Comités de lecture de revues :

En plus des comités éditoriaux précédents, les membres du groupe ont participé au comités de lecture de nombreuses conférences, et des revues suivantes : IEEE Transactions on Image Processing, IEEE Transactions on Signal Processing, IEEE Transactions On Speech and Audio, Acta Acustica, Journal of the Acoustical Society of America, Speech Communication, Traitement du Signal, European Journal of Cognitive Psychology, Perception, Experimental Psychology, Spatial Cognition and Computation, British Journal of Psychology, Traitement du signal, Eurasip Journal of Applied Signal Processing.

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)
- Ircam (Paris) : son 3D
- LAM (Paris) : voix chantée acoustique des salles
- Institut de Phonétique, Université Paris III (tons du Vietnamien)
- Institut de la Communication Parlée, Grenoble (évaluation de la synthèse)
- Université de Caen (évaluation de la synthèse)
- France télécom Recherche et Développement (Lannion)
- Collaboration avec le CHU Tenon (Rein)
- Collaboration avec le CH Sainte Anne (Crâne)
- IBAIC NAMC (Orsay) Codirection de la thèse de C. Huetz
- PHRC PKR (Projet Hospitalier de Recherches Coordonnées. Evaluation de l'insuffisance rénale dans la polykystose)
- Collaboration avec la FMP (radiologie 3D)
- DGA : identification des langues

Au niveau international

- 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
- European Language Ressources Agency (évaluation de la synthèse)
- Projet MIME (Movement in the Mind's Eye), soutenu par les Canadian Institutes for Health: cognition spatiale
- Kahle Acoustics (USA) : acoustique des salles
- Charlie Morrow Productions (USA) : acoustique des salles
- Université Mc Gill (Canada) : audition 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)

Contrats de recherche et valorisation

Nos travaux sont bien insérés dans la communauté scientifique sous l'angle des relations contractuelles. En fonction des thèmes plus ou moins de contrats sont actuellement en cours, mais dans l'ensemble les ressources contractuelles apportent un financement significatif de nos travaux.

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
30/04/2002	29/04/2007	ILPHO	Autre	ELDA	-	D'Alessandro Christophe	Mise à disposition
02/07/2007	01/10/2007	C. Morrow	Autre	C Morrow	-	Katz Brian	Mise à disposition
01/12/2003	30/11/2007	SIMILAR	NOE	UE	68 460 €	D'Alessandro Christophe	Contrat avec la commission européenne
01/09/2004	31/08/2008	INTUITION	NOE	UE	48 649 €	Bourdot Patrick	Contrat avec la commission européenne
01/04/2005	31/03/2008	WAYFINDING	STREP	UE	169 918 €	Postma Albert	Contrat avec la commission européenne
04/12/2002	04/04/2006	EVALDA	Technolangue	MENRT	66 798 €	Paroubek Patrick	Collaboration de recherche
18/12/2003	17/03/2006	OPERA	RNTL	MENRT	52 006 €	Katz Brian	Collaboration de recherche
21/07/2004	20/07/2007	AGIR	ACI Masse de données	CNRS-MRT	24 165 €	Germain-Renaud Cécile	Collaboration de recherche
01/10/2004	01/10/2007	Projet Dole	Autre	CNRS	2 000 €	Katz Brian	Collaboration de recherche
01/12/2004	31/03/2008	CRTF	Autre	A-Volute	36 000 €	Katz Brian	Collaboration de recherche
01/01/2006	31/12/2007	INCa	Projet libre INC	Institut National du Cancer	68 000 €	Angelini Elsa	Collaboration de recherche
06/05/2006	05/05/2009	CoRSAIRE	ARA MDMSA	ANR	131 700 €	Bourdot Patrick	Collaboration de recherche
01/10/2006	30/09/2007	Encadrement de thèse	Autre	Université Paris V	-	Denis Michel	Collaboration de recherche
01/12/2006	30/11/2008	SOUND DELTA	RIAM	ANR	135 507 €	Georges-françois David	Collaboration de recherche
01/12/2006	30/08/2009	2PIM/MI3	RIAM	ANR	37 411 €	De Laubier Serge	Collaboration de recherche
02/04/2007	01/04/2010	Arkamis	Autre	Arkamys	44 252 €	Katz Brian	Collaboration de recherche
01/05/2007	30/04/2009	PEPS PLOREAV	PEPS	CNRS	7 000 €	Christophe Jouffrais	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2009	BINGO	CSOSG	ANR	92 191 €	Karim Soudani	Collaboration de recherche

Production scientifique

Les recherches décrites rapidement dans les paragraphes précédents s'accompagnent naturellement d'une production scientifique abondante.

Notons également pour la période concernée un brevet : "Roots of Z-Transform Decomposition of Speech For Source-Tract Separation", déposé par la Faculté Polytechnique de Mons. Inventeurs : T. Dutoit, B. Bozkurt, B. Doval, C. d'Alessandro et l'obtention du premier prix du film scientifique aux entretiens de Bichat (Film le corps en transparence. Réalisation Jean-Pierre Mirouze, France)

Thèses

1. Afonso, A., *Propriétés analogiques des représentations mentales de l'espace : étude comparative auprès des personnes voyantes et non-voyantes*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
2. Coussinet, C., *Proposition d'un formalisme pour le développement de schèmes cognitifs en robotique autonome*. 2007, Université Paris-Sud/LIMSI.
3. Huetz, C., *Etude du code neuronal sous-tendant la perception de signaux de communication acoustique*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
4. Ripoché, X., *Méthodes de traitement d'images radiologiques 3D : applications thérapeutiques et chirurgicales*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.

Revue à comité de lecture

1. Auberger, V., N. Audibert, and A. Rilliard, *De E-Wiz à C-Clone : recueil, modélisation et synthèse d'expressions authentiques*. Revue d'Intelligence Artificielle, 2006. **20**: p. 499-527.
2. Borst, G., S.M. Kosslyn, and M. Denis, *Different cognitive processes in two image-scanning paradigms*. Memory & Cognition, 2006. **34**(3): p. 475-490.
3. Bozkurt, B., B. Doval, C. D'Alessandro, and T. Dutoit, *Zeros of Z-transform representation with application to source-filter separation in speech*. IEEE Signal Processing Letters, 2005. **12**(4): p. 344-347.
4. Bruckert, L., J.S. Liénard, A. Lacroix, M. Kreutzer, and G. Leboucher, *Women use voice parameters to assess men's characteristics*. Proceedings of The Royal Society B : Biological Sciences, 2006. **273**(1582): p. 83-89.
5. D'Alessandro, N., B. Doval, and C. D'Alessandro, *RAMCESS : realtime and accurate musical control of expression in singing synthesis*. Journal on Multimodal User Interfaces, 2007. **1**(1): p. 31-39.
6. Daniel, M.-P., C. Mores Dibo-Cohen, L. Carité, P. Boyer, and M. Denis, *Dysfunctions of spatial cognition in schizophrenic patients*. Spatial cognition & computation, 2007. **7**(3): p. 287-309.
7. Denis, M., *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, 2007. **Accepté 2007**.
8. Denis, M. and J.M. Leomis, *Perspectives on human spatial cognition : memory, navigation, and environmental learning*. Psychological Research, Psychologische Forschung, 2007. **71**(3): p. 235-239.
9. Deyzac, E., R.H. Logie, and M. Denis, *Visuospatial working memory and the processing of spatial descriptions*. British Journal of Psychology, 2006. **97**(2): p. 217-243.
10. Doval, B., C. D'Alessandro, and N. Henrich, *The spectrum of glottal flow models*. Acta Acustica United with Acustica, 2006. **92**(6): p. 1026-1046.
11. Germain, C., R. Texier, and A. Osorio Sainz, *Interactive volume reconstruction and measurement on the Grid*. Methods of Information in Medicine, 2005. **44**(2): p. 227-232.
12. Guastavino, C., B.F.G. Katz, J.D. Polack, D.J. Levitin, and D. Dubois, *Ecological validity of soundscape reproduction*. Acta Acustica United with Acustica, 2005. **91**(2): p. 333-341.
13. Henrich, N., C. D'Alessandro, B. Doval, and M. Castellengo, *Glottal open quotient in singing : measurements and correlation with laryngeal mechanisms, vocal intensity, and fundamental frequency*. Journal of the Acoustical Society of America, 2005. **117**(3): p. 1417-1430.
14. Huetz, C., C. Del Negro, N. Lebas, P. Tarroux, and J.-M. Edeline, *Contribution of spike timing to the information transmitted by HVC neurons*. European Journal of Neuroscience, 2006. **24**(4): p. 1091-1108.
15. Logie, R.H., S.S. Della, N. Beschin, and M. Denis, *Dissociating mental transformations and visuo-spatial storage in working memory : evidence from representational neglect*. Memory, 2005. **13**(3-4): p. 430-434.
16. Machrouh, J. and P. Tarroux, *Attentional mechanisms for interactive image exploration*. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2005. **2005**(14): p. 2391-2396.
17. Peruch, P., V. Chabanne, M.P. Nesa, C. Thinus-Blanc, and M. Denis, *Comparing distances in mental images constructed from visual experience or verbal descriptions : the impact of survey versus route perspective*. Quarterly Journal of Experimental Psychology, 2006. **59**(11): p. 1950-1967.

Livres et ouvrages

Ouvrages collectifs

1. Denis, M. and J.M. Loomis, eds. *Human spatial cognition : memory, navigation, and environmental learning*. 2007, Springer. 235-382.
2. Schröder, M., A. Batliner, and C. D'Alessandro, eds. *ParaLing 07 Proceedings of the International Workshop on Paralinguistic Speech - between models and data*. 2007, DFKI Publications. 82p.

Chapitres d'ouvrage

1. Compan, V. and A. Afonso, *Neurobiologie et addictions*, in *Psychopathologies, émotions et neurosciences*, C. Besche-Richard and C. Bungener, Editors. 2006, Belin. p. 165-195.
2. D'Alessandro, C., *Voice source parameters and prosodic analysis*, in *Method in empirical prosody research*, S. Sudhoff, et al., Editors. 2006, Walter de Gruyter. p. 63-87.
3. D'Alessandro, C., *Analyse des différents stimuli auditifs : musique, langage et bruit. Etude comparative*, in *Le cerveau musicien. Neuropsychologie et psychologie cognitive de la perception musicale - Chapitre 2*, B. Lechevalier, H. Platel, and F. Eustache, Editors. 2007, de Boeck. p. 33-46.
4. D'Alessandro, C., P. Boula de Mareuil, M.-N. Garcia, G. Bailly, M. Morel, A. Raake, F. Bechet, J. Véronis, and R. Prudon, *La campagne EvaSy d'évaluation de la synthèse de la parole à partir du texte*, in *L'évaluation technologique dans le domaine du traitement automatique de la langue : l'expérience du programme technolangue*, S. Chaudiron and K. Choukri, Editors. 2007, Hermès. p. 15-38.

5. D'Alessandro, C., B.F.G. Katz, and F. Boudet, *On the acoustics of the clavichord*, in *De Clavicordio VII*, B. Brauchli, A. Galazzo, and J. Wardman, Editors. 2006, Musica Antica a Magnano. p. 171-182.
6. Denis, M., *Spécifications pour un système d'aide verbale au déplacement pour des piétons aveugles dans des environnements urbains complexes*, in *Quatre ans de recherche urbaine 2001-2004 : action concertée incitative ville, Ministère de la Recherche*, E. Bajolet, M.F. Mattei, and J.M. Rennes, Editors. 2006, Presses universitaires François-Rabelais. p. 208-211.
7. Denis, M., P.E. Michon, and A. Tom, *Assisting pedestrian wayfinding in urban settings : why references to landmarks are crucial in direction-giving*, in *Applied spatial cognition : from research to cognitive technology*, G. Allen, Editor. 2006, Erlbaum. p. 25-51.
8. Denis, M., K. Ricalens, V. Baudouin, and J.L. Nespoulous, *Deficits in spatial discourse of alzheimer patients*, in *Space in languages : linguistic systems and cognitive categories*, M. Hickmann and M. Robert, Editors. 2006, John Benjamins publishing company. p. 335-349.

Conférences à comité de lecture

1. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, and M. Denis. *Spatial knowledge without vision in an auditory VR environment*. in *ESCOPE 2005. XIVth Conference of the European Society for Cognitive Psychology*. 2005.
2. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, C. Jacquemin, and M. Denis. *A study of spatial cognition in an immersive virtual audio environment : comparing blind and blindfolded individuals*. in *ICAD'05. The International Conference on Auditory Display*. 2005.
3. Audibert, N., V. Auberge, and A. Rilliard. *When is the emotional information? a gating experiment for gradient and contours cues*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
4. Bell, N., A. Paivio, and M. Denis. *The relationship of imagery and verbal processing in cognition*. in *Thirteenth Annual Lindamood-Bell International Conference*. 2005.
5. Blum, A., M. Denis, and B.F.G. Katz. *Navigation in the absence of vision : how to find one's way in a 3D audio virtual environment?* in *ICSC 2006. International Conference on Spatial Cognition. Abstract publié dans Cognitive Processing, vol 7, supplement 5, September 2006, p151*. 2006.
6. Boula de Mareuil, P., C. D'Alessandro, G. Bailly, F. Bechet, M.-N. Garcia, M. Morel, R. Prudon, and J. Veronis. *Evaluating the pronunciation of proper names by four French grapheme-to-phoneme converters*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
7. Boula de Mareuil, P., C. D'Alessandro, A. Raake, G. Bailly, M.-N. Garcia, and M. Morel. *A joint intelligibility evaluation of French text-to-speech synthesis systems : the EvaSy SUS/ACR campaign*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
8. Chevallier, S. and P. Tarroux. *Extraction de saillances par un réseau de neurones impulsionnels*. in *NeuroComp' 2006. 1ère Conférence Francophone de Neurosciences Computationnelles*. 2006.
9. Chevallier, S., P. Tarroux, and H. Paugam-Moisy. *Saliency extraction with a distributed spiking neural network*. in *ESANN 2006. 14th European Symposium on Artificial Neural Networks*. 2006.
10. D'Alessandro, C. *Phase-based methods for voice source analysis*. in *NOLISP 2007. An ISCA Tutorial and Research Workshop on Non Linear Speech Processing*. 2007.
11. D'Alessandro, C. *Voice quality in vocal communication*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
12. D'Alessandro, C., C. Besnainou, and L. Ginieis. *Tonal portrait of the clavichord*. in *VIII International Clavichord Symposium*. 2007.
13. D'Alessandro, C., N. D'Alessandro, S. Le Beux, and B. Doval. *Comparing time domain and spectral domain voice source models for gesture controlled vocal instruments*. in *5th International Conference on Voice Physiology and Biomechanics*. 2006.
14. D'Alessandro, C., A. Rilliard, and S. Le Beux. *Computerized chironomy : evaluation of hand-controlled intonation reiteration*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
15. D'Alessandro, N., C. D'Alessandro, S. Le Beux, and B. Doval. *Real-time CALM synthesizer : new approaches in hands-controlled voice synthesis*. in *NIME2006. New Interface for Musical Expression*. 2006.
16. Daniel, M.-P., C. Mores, L. Carité, P. Boyer, and M. Denis. *Dysfunctions of spatial cognition : the case of schizophrenic patients*. in *ICSC 2006. International Conference on Spatial Cognition. Abstract publié dans Cognitive Processing, vol 7, supplement 5, September 2006, p173*. 2006.
17. Defrance, G., J.D. Polack, and B.F.G. Katz. *Measurements in the new Salle Pleyel*. in *ISRA 2007. International Symposium on Room Acoustics*. 2007.
18. Fontaine, S., G. Edwards, B. Tversky, and M. Denis. *Expert and non-expert knowledge of loosely structured environments*. in *COSIT'05. Conference on Spatial Information Theory*. 2005.
19. Garcia, M.-N., C. D'Alessandro, G. Bailly, P. Boula de Mareuil, and M. Morel. *A joint prosody evaluation of French text-to-speech synthesis systems*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.

20. Germain, C., V. Breton, P. Clarysse, Y. Gaudeau, T. Glatard, E. Jeannot, Y. Legre, C. Loomis, J. Montagnat, J.M. Moureaux, A. Osorio Sainz, X. Pennec, and R. Texier. *Grid-enabling medical image analysis*. in *CCGrid 2005. Cluster Computing and Grid 2005*. 2005.
21. Greff, R. and B.F.G. Katz. *Round Robin comparison of HRTF simulation results : preliminary results*. in *123rd AES Convention*. 2007.
22. Greff, R. and B.F.G. Katz. *Perceptual evaluation of HRTF notches versus peaks for vertical localisation*. in *ICA 2007. 19th International Congress on Acoustics*. 2007.
23. Guillaume, H., N. Denquive, and P. Tarroux. *Contextual priming for artificial visual perception*. in *ESANN'2005. 13th European Symposium on Artificial Neural Networks*. 2005.
24. Jacquemin, C., A. Afonso, A. Blum, S. de Laubier, M. Denis, H. Folch, H. Genevois, B.F.G. Katz, S. Nugier, and N. Schnell. *Design d'environnements multimodaux interactifs communicants*. in *H2PTM'05. Hypermédiás Hypertexts, Products, Tools and Methods*. 2005.
25. Kahle, E., Y. Jurkiewicz, N. Faillet, T. Wulfrank, and B.F.G. Katz. *La Philharmonie de Paris concert hall competition, part 1 : acoustic brief*. in *ISRA 2007. International Symposium on Room Acoustics*. 2007.
26. Kahle, E., T. Wulfrank, Y. Jurkiewicz, N. Faillet, and B.F.G. Katz. *La Philharmonie de Paris concert hall competition, part 2 : the competition*. in *ISRA 2007. International Symposium on Room Acoustics*. 2007.
27. Katz, B.F.G. and D.R. Began. *Round robin comparison of HRTF measurement systems : preliminary results*. in *ICA 2007. 19th International Congress on Acoustics*. 2007.
28. Katz, B.F.G. and C. D'Alessandro. *Directivity measurements of the singing voice*. in *ICA 2007. 19th International Congress on Acoustics*. 2007.
29. Katz, B.F.G. and E. Kahle. *Design of the new opera house of the suzhou science & arts cultural center*. in *WESPAC IX 2006. The 9th Western Pacific Acoustics Conference*. 2006.
30. Katz, B.F.G., F. Prezats, and C. D'Alessandro. *Human voice phoneme directivity pattern measurements*. in *4th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan*. 2006.
31. Katz, B.F.G. and E.A. Wetherill. *Fogg art museum lecture room, a calibrated recreation of the birthplace of room acoustics*. in *Forum Acusticum 2005*. 2005.
32. Katz, B.F.G. and E.A. Wetherill. *Fogg art museum lecture room : a calibrated recreation of the birthplace of room acoustics*. in *4th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan*. 2006.
33. Lamesch, S. and B. Doval. *What are the spectral differences for singing sounds produced by different laryngeal mechanisms in the same pitch range?* in *ICA 2007. 19th International Congress on Acoustics*. 2007.
34. Le Beux, S., A. Rilliard, and C. D'Alessandro. *Calliphony : a real-time intonation controller for expressive speech synthesis*. in *SSW-6. 6th ISCA Workshop on Speech Synthesis*. 2007.
35. Liénard, J.S., F. Signol, and C. Barras. *Speech fundamental frequency estimation using the Alternate Comb*. in *INTERSPEECH 2007 - 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
36. Martin, J.C., C. D'Alessandro, C. Jacquemin, B.F.G. Katz, A. Max, L. Pointal, and A. Rilliard. *3D audiovisual rendering and real-time interactive control of expressivity in a Talking Head*. in *IVA 2007. 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNAI 4722, Springer*. 2007.
37. Martin, J.C., C. Jacquemin, L. Pointal, B.F.G. Katz, C. D'Alessandro, A. Max, and M. Courgeon. *A 3D audio-visual animated agent for expressive conversational Question Answering*. in *AVSP 2007 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing*. 2007.
38. Osorio Sainz, A., J.-M. Biset, R. Boustani, P. Donars, J. Nauroy, and E. Frenoux. *A new system to validate and help gastroplasties and cholecystectomies under laparoscopy using 3D segmented radiological images*. in *CARS 2007. 21st International Congress and Exhibition on Computer Assisted Radiology and Surgery. Paru dans : International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, Springer 2007*. 2007.
39. Osorio Sainz, A., J.-M. Biset, R. Boustani, J. Nauroy, M. Boustani, P. Donars, C. Gourlay, and E. Frenoux. *A new computerized system making 3D segmentations from DICOM images to help on line on laparoscopic interventions. Application to gastroplasty and cholecystectomy*. in *RSNA 2006*. 2006.
40. Osorio Sainz, A., J. Nauroy, F. Dargent, X. Ripoché, S. Merran, and O. Traxer. *Percutaneous nephrolithotomy (PCNL) : practice and surgery using a new augmented reality system and a new real time 2D/3D fusion software*. in *RSNA 2005 - InfoRAD*. 2005.
41. Osorio Sainz, A., O. Traxer, and S. Merran. *Real time registration of 2D and 3D images in percutaneous nephrolithotomies using an augmented reality system*. in *IMVIE 2 Symposium. Imaging for medical and life sciences*. 2005.
42. Prezats, F. and B.F.G. Katz. *The effect of audio compression techniques on binaural audio rendering*. in *The 120th AES Convention*. 2006.
43. Raake, A. and B.F.G. Katz. *Measurement and prediction of speech intelligibility in a virtual chat room*. in *2nd ISCA/DEGA Tutorial and Research Workshop on Perceptual Quality of Systems*. 2006.
44. Raake, A. and B.F.G. Katz. *SUS-based method for speech reception threshold measurement in French*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.

45. Raake, A., B.F.G. Katz, and G. Perez de la sota. *Vorhersage und Kontrolle der Sprachverständlichkeit in räumlich dargebotenen Audio-Konferenzschaltungen*. in *Proceedings of the 33rd German Annual Conference on Acoustics - DAGA 2007*. 2007.
46. Sciamarella, D. and C. D'Alessandro. *Stylization of glottal-flow spectra produced by a mechanical vocal-focal model*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
47. Shochi, T., V. Auberge, and A. Rilliard. *Cross-listening of Japanese, English and French social affect : about universals, false friends and unknown attitudes*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
48. Soussen, C. and J. Idier. *3D reconstruction of localized objects from radiographs and based on multiresolution and sparsity*. in *ICIP 05. International Conference on Image Processing.IEEE*. 2005.
49. Sturmel, N., C. D'Alessandro, and B. Doval. *A spectral method for estimation of the voice speed quotient and evaluation using electroglottography*. in *7th Conference on Advances in Quantitative Laryngology*. 2006.
50. Sturmel, N., C. D'Alessandro, and B. Doval. *A comparative evaluation of the Zeros of Z transform representation for voice source estimation*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
51. Tarault, A., J. Atif, X. Ripoche, and A. Osorio Sainz. *Classification of radiological exams and organs by belief theory*. in *AICCSA 05. The 3rd ACS/IEEE International Conference on Computer Systems and Applications*. 2005.
52. Traxer, O., A. Osorio Sainz, F. Pasqui, P. Sebe, S. Merran, X. Ripoche, B. Categno, and P. Thibault. *A new pc based software using a augmented reality system to simulate percutaneous nephrolithotomies*. in *EAU 2005. 20th European Association of Urology Congress*. 2005.
53. Vu Ngoc, T., C. D'Alessandro, and A. Michaud. *Using open quotient for the characterization of Vietnamese glottalized tones*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
54. Zotter, F. and M. Noisternig. *Near and farfield beamforming using spherical loudspeaker arrays*. in *3rd International Congress of the Alps Adria Acoustics Association*. 2007.
55. Zotter, F., A. Sontacchi, M. Noisternig, and R. Höldrich. *Capturing the radiation characteristics of the Bonang Barung*. in *3rd International Congress of the Alps Adria Acoustics Association*. 2007.

Revue sans comité de lecture

1. Pointal, L., *Python et l'agrégation d'outils existants avec Python*. Linux developer's journal, 2007. 3(4): p. 12-19.

Congrès sans actes, workshops

1. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, and M. Denis. *Mental imagery and the acquisition of spatial knowledge without vision : a study of blind and sighted people in an immersive audio virtual environment*. in *Tenth European Workshop on Imagery and Cognition*. 2005.
2. D'Alessandro, C., N. D'Alessandro, S. Le Beux, J. Simko, F. Cetin, and H. Pirker. *The speech conductor : gestural control of speech synthesis*. in *eNTERFACE 2005. The SIMILAR NoE Summer Workshop on Multimodal Interfaces 2005*. 2005.
3. Denis, M. *Représentation et description de l'espace : l'impact de déficits neurologiques et sensoriels*. in *Journée de l'IFR96 et de l'IRIT "Handicap : déficits et stratégies palliatives"*. 2005.
4. Denis, M. *Individual imagery differences and cognitive performance*. in *Lindamood-Bell's 15th annual international conference*. 2007.
5. Katz, B.F.G., R. Greff, and A. Blum. *Synthèse binaurale : recherches et applications dans les domaines acoustiques et les sciences cognitives*. in *JES2006. Journées d'Etude sur la Spatialisation*. 2006.
6. Liénard, J.S. *Analyse des scènes auditives et perception située*. in *Journée Scientifique du Congrès des Audioprothésistes Français*. 2006.
7. Audibert, N., V. Auberge, and A. Rilliard. *Synthèse vocale des émotions-Donner la parole émue à C-Clone*. in *WACA 2006 2° Workshop francophone sur les agents conversationnels animés*. 2006.
8. Bruckert, L., J.S. Liénard, M. Kreutzer, and G. Leboucher. *Masculinité et beauté de la voix*. in *Colloque International "Evolution des images de féminité et de masculinité et constructions identitaires"*. 2006.
9. Burkhardt, J.M. and M. Denis. *Réalité virtuelle et cognition : l'apport des différentes disciplines et les recherches interdisciplinaires*. in *Deuxièmes Rencontres Scientifiques de l'Association Française de Réalité Virtuelle*. 2007.
10. D'Alessandro, C. *Sound documentation of historical pipe organs : a case study*. in *Musical Acoustics Network Conference with the Groupe Spécialisé d'Acoustique Musicale*. 2006.
11. D'Alessandro, C. *Towards expressive speech processing : voice quality dimensions, parameters, and dynamics*. in *INAE Workshop on Image and Speech Processing*. 2006.
12. Daniel, M.-P., C. Mores, L. Carité, P. Boyer, and M. Denis. *Temporal disorganization of visuospatial memories in schizophrenic patients*. in *Eleventh European Workshop on Imagery and Cognition*. 2007.
13. Denis, M. *Un parcours, une oeuvre : du temps de réaction motrice aux sciences cognitives*. in *L'esprit et le sens des sciences cognitives : journée scientifique d'hommage à Jean-François Le Ny*. 2007.

14. Denis, M. *Jean-François Le Ny : un parcours cognitif*. in *Congrès National de la Société Française de Psychologie 2007*.
15. Denis, M. *La réalité virtuelle, innovation technologique et instrument de connaissance*. in *Congrès National de la Société Française de Psychologie 2007*. 2007.
16. Denis, M. and A. Afonso. *Structural properties of spatial representations in blind people*. in *Fifteenth ESCOP Conference*. 2007.
17. Denis, M., A. Afonso, and M.-P. Daniel. *Spatial language and wayfinding in blind and sighted people*. in *Eleventh European Workshop on Imagery and Cognition*. 2007.
18. Nief, G. and C. D'Alessandro. *Towards sound documentation of pipe organs*. in *EAA Workshop on Wind Instrument Acoustics : The Future of Wind Instruments*. 2005.
19. Rilliard, A. and J. Lai, *Etude de l'intonation du parler occitan de la Viadène*, in *3èmes journées scientifiques du projet AMPER*. 2006.
20. Rilliard, A. and J.-P. Lai, *La base de données AMPER et ses interfaces : structure et formats de données, exemple d'utilisation pour une analyse comparative de la prosodie de différents parlars romans*, in *1 Jornadas AMPER-POR*. 2007.

Magazines

1. D'Alessandro, C., *A l'origine de la musique et de la parole...la voix*, in *Revue du Palais de la Découverte*. 2006. p. 46-58.
2. D'Alessandro, C., *Quand l'informatique joint le geste à la parole*, in *Plein sud*. 2007. p. 18-19.
3. Katz, B.F.G., *Le Fogg Art Museum*, in *Archistorm*. 2007.
4. Katz, B.F.G. and E.A. Wetherill, *The fall and rise of the fogg art museum lecture hall : a forensic study*, in *Acoustics Today*. 2007. p. 10-16.

JEAN-LUC GAUVAIN

Les recherches du Groupe Traitement du Langage Parlé portent sur la modélisation de la parole et son traitement automatique. Ces recherches sont par essence pluridisciplinaires et nécessitent 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. 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 le marquage des ponctuations, des hésitations et de certains 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.

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. Ces recherches sur les modélisations acoustique, lexicale, et linguistique, sont réalisées dans un contexte multilingue et s'appuient sur de grands corpus oraux représentatifs de nombreux domaines applicatifs. Le volume de données à traiter nous a amenés à développer de nouvelles solutions pour le décodage qui permettent de réduire significativement les temps de traitement. Dans ce cadre nous travaillons également sur des méthodes d'apprentissage qui nous permettent d'exploiter ces très grandes quantités de données tout en limitant les besoins en annotations manuelles. Ces corpus servent bien sûr au développement 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.

Le dialogue oral homme-machine est un sujet de recherche à multiples facettes qui nous amène à traiter l'oral spontané, à modéliser les processus de compréhension et de génération du langage, et à développer des stratégies de dialogue. Ces travaux se concrétisent par la réalisation de systèmes de dialogue pour l'interrogation de bases de données dans des domaines spécifiques ou pour la recherche d'informations dans des collections de documents hétérogènes. On notera en particulier le développement de la plate-forme RITEL (Recherche d'Information par Téléphone) en collaboration avec le groupe LIR, pour l'expérimentation de systèmes de question-réponse interactifs. Cette plate-forme accepte des questions orales ou écrites et permet la recherche des réponses dans des documents audio et textuels.

Deux axes de recherche relativement récents dans le groupe concernent, d'une part la caractérisation, la modélisation, et l'identification des émotions dans la parole, et d'autre part la traduction de la parole par des méthodes statistiques. L'identification des émotions repose principalement sur l'extraction d'indices acoustiques et prosodiques, et sur la détection d'événements para-linguistiques, mais le contenu linguistique dépend aussi de l'état émotionnel du locuteur. Concernant nos recherches sur la traduction automatique de la parole, nous avons développé des systèmes complets fondés sur une approche statistique pour plusieurs paires de langues, en particulier dans le cadre du projet européen TCStar pour la traduction des débats du parlement européen.

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.

Au 1^{er} octobre 2007, le groupe comprenait 30 membres, dont 10 permanents CNRS, 5 enseignants-chercheurs, 6 postdocs, 1 ingénieur de recherche contractuel, et 8 doctorants. 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 l'IFIPS, l'ENSTA et l'ENST. Conjointement avec le LPP de l'Université Paris 3, l'ENST et la DGA, le LIMSI a organisé une école thématique CNRS « Voix, Parole, Langues » en juin 2006, à Cargèse. Entre 2005 et 2007, les membres du groupe ont publié 132 articles dont 20 dans des revues internationales et 3 chapitres d'ouvrage.

Les contrats de recherche couvrent l'ensemble des activités du groupe, en particulier grâce aux projets européens (CHIL, TC-STAR, VITAL, et HUMAINE), aux projets DARPA EARS/GALE, aux programmes nationaux (RNTL AUDIOSURF, Technolangue MEDIA), aux projets interdisciplinaires STIC-SHS du CNRS (MIDL et TCAN VARCOM), aux projets ANR PFC-Cor et INSTAR, et au projet Infom@gic du pôle de compétitivité Cap Digital. Nous avons une tradition d'évaluation continue de nos travaux avec en particulier la participation depuis 1992 à 20 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 2005-2007, nous avons pris part à 7 campagnes d'évaluation sur la reconnaissance de la parole (NIST RT06 et RT07, TCStar'05, '06, '07, GALE'06 et '07), 5 campagnes d'évaluation sur la reconnaissance du locuteur (NIST SRE'05, SRE'06, CHIL'05, CLEAR'06 and CLEAR'07), une campagne d'évaluation sur les systèmes de compréhension (Technolangue Media'05), l'évaluation QAst/CLEF'07 sur les systèmes de question-réponse pour des documents audio, ainsi que la campagne NIST LRE'07 sur la reconnaissance de la langue. Le groupe a également co-organisé les campagnes Technolangue Media'05 et QAst/CLEF'07.

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 d'une grappe de 114 PC bi-processeurs avec plus de 80 téra-octets de disques, ainsi que d'un parc d'environ 80 serveurs Unix et Linux.

Les recherches du groupe sont structurées en cinq thèmes interdépendants : *Caractérisation du locuteur et des émotions* (thème 1), *Caractérisation des langues et linguistique de corpus oraux* (thème 2), *Interaction conversationnelle* (thème 3), *Modèles de langage, apprentissage et traduction* (thème 4) et *Transcription et indexation de documents audio* (thème 5).

Présentation de la recherche

Thème Caractérisation du locuteur et des émotions

C. Barras, L. Devillers, L. Canseco, M. Ferràs, J.L. Gauvain, L. Lamel, C.C. Leung, I. Vasilescu, L. Vidrascu, X. Zhu

Lorsqu'on considère la reconnaissance automatique de la parole, le contenu linguistique n'est qu'un des aspects. Il peut être tout aussi important de connaître la personne qui a parlé, la langue utilisée, et l'état émotionnel du locuteur.

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 ou d'idiolectes. Dans les systèmes de reconnaissance du locuteur à l'état de l'art, un élément central 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 tous les ans depuis 2002 aux évaluations organisées par NIST en reconnaissance et vérification du locuteur sur des enregistrements de parole téléphonique (cellulaire ou fixe). 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. Plus récemment, nous avons proposé une nouvelle modélisation du locuteur basée sur les matrices de transformation CMLLR (Constrained Maximum Likelihood Linear Regression, voir page de présentation « [Constained MLLR for speaker recognition](#) »). 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 travaillons 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 segments 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 paroles 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 obtenu les meilleurs résultats en 2005 dans les évaluations conduites par le NIST et par le projet Technolanguage ESTER sur des émissions de radio ou télévision en anglais et en français. Nous avons étudié la portabilité de cette approche aux enregistrements de réunions et d'exposés dans le cadre du projet européen CHIL (voir page de présentation « [Multi-stage speaker diarization for meetings](#) »), et nous avons participé aux évaluations conjointes de CHIL et du NIST sur des enregistrements mono-canal et multi-canaux de réunions. Le traitement des réunions reste plus difficile que celui des émissions radio-diffusées en raison de la qualité acoustique moindre et de la fréquence de tours de parole très courts. 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 un problème non trivial, pour lequel nous développons des méthodes basées sur l'analyse de la fréquence fondamentale en collaboration avec le groupe Perception Située.

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.

Le traitement automatique des émotions par des machines est un domaine en émergence, qui mobilise de multiples disciplines : psychologie, neurosciences, sciences du langage verbal et non verbal, informatique, etc. L'interaction orale est d'une richesse incroyable pour exprimer les nuances du discours et le ressenti des interlocuteurs. Un locuteur peut exprimer ses états émotionnels par le timbre de sa voix, par sa prosodie, mais aussi par les arythmies 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.

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 ? » Cette étude ouvre également un large champ d'application : centre d'appel, robotique, application médicale, recherche de contenu émotionnel, interaction avec un agent animé.

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 (voir page de présentation « [Emotions in human-machine interactions : perception, detection and generation](#) ») s'appuient sur des théories en psychologie, neurophysiologie, et en linguistique. Une des problématiques de cette analyse 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 leurs buts et également des contextes d'émergence. Ekman dénombre six émotions primaires universelles (communes avec les

espèces animales) : la peur, la colère, la joie, la tristesse, le dégoût et la surprise. Dans les contextes d'émergence naturelle, les émotions sont rarement exprimées à l'état primaire. Effectivement, 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.

Les indices étudiés 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. 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 nos principaux objectifs (voir page de présentation « [Emotion detection in call center data](#) ») est de réaliser un modèle de détection automatique des émotions à partir d'indices linguistiques 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. Nous participons aux campagnes d'évaluation des modèles de détection des émotions organisées dans le cadre du réseau d'excellence HUMAINE sur les données AIBO UNIVERSITÉ D'ERLANGEN. Nous avons montré l'intérêt de combiner un grand nombre de types d'indice pour mettre en oeuvre des systèmes de détection des émotions performants sur des données spontanées, c'est-à-dire extrêmement variables.

L'identification d'émotions extrêmes a été étudiée en collaboration avec THALES et l'ENST sur un corpus de fictions réalistes pour détecter des situations anormales dans une application de télésurveillance. Hormis cette étude, nos recherches sont menées sur des corpus de données naturelles ; des dialogues réels enregistrés dans des centres d'appels sur différents thèmes : transactions boursières, banques, service médical ou des interviews télévisées. Ces dialogues couvrent une large palette de manifestations conversationnelles possibles en termes de sujet, contexte, caractéristiques des locuteurs, ainsi qu'une large palette de manifestations émotionnelles. Annoter les émotions présentes dans les données naturelles est un des aspects complexes que nous étudions en proposant des schémas et protocole 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 ».

En collaboration avec le groupe AMI, un protocole et un schéma de codage ont été définis pour annoter les niveaux : contexte, émotion et indices multimodaux. Nous étudions notamment dans les données audiovisuelles l'impact de l'audio par rapport aux indices multimodaux tels que gestes, regards, mouvement du corps, et expressions du visage. Une collaboration sur les aspects corpus et annotation d'émotions dans des données naturelles est également menée avec des chercheurs de l'Université de Belfast (QUB) fondateurs du réseau d'excellence FP6 HUMAINE. Une première expérience en collaboration avec le groupe AMI et l'Université Paris 8 a permis d'identifier les niveaux de représentation nécessaires à la synthèse des comportements émotionnels complexes par un agent expressif.

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.J. Gangolf, J.L. Gauvain, L. Lamel, J. Mariani, R. Nemeto, I. Vasilescu, B. Vieru-Dimulescu, C. Woehrling, D. Zhu

Le thème « Caractérisation des Langues et Linguistique de Corpus Oraux » (C2LCO) est centré autour de la diversité des langues et la variation à l'intérieur de ces langues (dialectes arabes, accents régionaux en français, etc.). 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.

L'identification des langues, aussi bien automatique (par la machine) que perceptive (par l'humain) est une des tâches que se sont fixées plusieurs études : une thèse soutenue en octobre 2007 a exploré les questions de modélisation acoustique multilingue et de définition d'inventaires phonémiques et syllabiques associés, à partir de grands corpus dans huit langues (français, anglais, allemand, italien, espagnol, portugais, arabe, chinois mandarin). En particulier l'apport d'une approche syllabotactique a été étudié. Les résultats montrent l'intérêt de la modélisation syllabique en complément avec une approche phonotactique. Des travaux sur la discrimination entre langues à partir des seules marques d'hésitations (voir page de présentation « [Acoustic and prosodic characteristics of vocalic hesitations across languages](#) ») ont été menés tant sur le plan perceptif que sur le plan acoustique. En particulier, une analyse acoustique des voyelles-support des marques d'hésitation en français, anglais et espagnol a permis de montrer la spécificité de leur timbre, dépendant des langues et de leurs systèmes vocaliques. Les résultats obtenus sont à mettre en relation avec une étude menée avec le Laboratoire de Phonétique et Phonologie (LPP) de l'Université Paris 3, sur la dispersion des espaces vocaliques dans huit langues – des langues aux nombres de voyelles phonologiques allant de 5 à plus de 15. Toujours en collaboration avec le LPP, nous avons mené une étude à grande échelle sur l'assimilation de voisement en français (voir page de présentation « [Quantitative study of voicing assimilation in French : acoustic measurements vs. Bayesian decision](#) »), 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 suites de consonnes non-voisées / voisées. Enfin dans le cadre du RTRA-Digiteo, un nouveau 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.

Nous sommes également engagés dans des collaborations interdisciplinaires plus larges (projets CNRS-TCAN VarCom et ANR PFC-Cor (voir page de présentation « [PFC corpus: automatic processing within TCAN VarCom & PFC-Cor projects](#) ») impliquant les laboratoires LPL (Aix-en-Provence), ERSS et Jacques Lordat (Toulouse), MoDyCo (Paris 10), CRISCO (Caen) ainsi que, hors de France, les universités d'Oslo et de Genève, afin de contribuer à diffuser ces nouvelles méthodes issues du traitement automatique aux diverses disciplines intéressées par l'oral. En particulier, nous avons travaillé activement sur le corpus « Phonologie du Français Contemporain » (PFC), qui fait référence en phonologie de corpus, afin d'améliorer les modélisations des parlers régionaux et, au-delà, de faciliter un grand nombre d'études aux différents partenaires, en mettant à disposition alignements et segmentations 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 Nord / Sud, de l'âge et du sexe des locuteurs, du type de parole (lu / spontané), de la fréquence des mots et du contexte phonémique gauche / droit. Nous avons mis en lumière l'avancée du /O/ en [œ] dans le Nord, phénomène qui ne s'observe pas dans le Sud et qui apparaît, lors d'expériences de classification automatique, comme un des traits les plus discriminants entre ces grandes variétés de français. On mesure également davantage de schwas et de codas nasales dans le Sud que dans le Nord, mais certains résultats (y compris pour l'antériorisation du /O/) vont dans le sens d'un changement linguistique en cours. 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.

Accents régionaux, sociaux ou étrangers, style « lu » ou « spontané », la variation se déploie dans différentes dimensions. Entre accent régional, accent dit « de banlieue » et accent étranger, l'histoire des sujets parlants n'est certes pas la même. Un accent étranger a tendance à s'atténuer avec le temps, alors que généralement les accents régionaux sont plus marqués chez les gens âgés. Quant au terme « accent de banlieue », il territorialise une réalité avant tout propre à certains jeunes de classes défavorisées. Mais quelle qu'en soit la cause, quelle que soit l'importance relative de la langue d'origine, du substrat régional et de l'affirmation identitaire, les questions de diagnostic, en perception, sont en partie les mêmes pour les

accents régionaux, sociaux et étrangers : combien d'accents peut-on reconnaître, lesquels et pourquoi ? Deux thèses en cours, partant d'expériences d'identification perceptive, cherchent ainsi à caractériser plusieurs accents étrangers et régionaux en français (voir page de présentation « [Identification and characterisation of accents in French](#) »), à travers les traits de prononciation que l'on est capable de mesurer. Des techniques d'analyse de données comme les arbres de décision sont ensuite utilisées pour hiérarchiser les traits les plus discriminants. Suivant la même approche, un travail a été ébauché sur l'accent de banlieue, avec des indices prosodiques et segmentaux (par exemple l'affrication de /di/ en [dʒi]) qui sont quantifiables. Et l'étude de possibles changements phonétiques a été abordée, dans le cadre d'une action incitative avec le groupe Perception Située, à partir d'archives audiovisuelles qui remontent aux années 1940.

Promouvoir le traitement automatique et la linguistique de corpus, présenter à un public plus large l'étude de la variation dans la parole, ces objectifs ont motivé l'organisation d'une école thématique CNRS autour des thèmes Voix, Parole, Langues (VPL). Cette école co-organisée par le LIMSI, le LPP (Université Paris 3), l'ENST et la DGA, a permis de rassembler en juin 2006, à Cargèse, une cinquantaine de chercheurs et de doctorants.

Thème Interaction conversationnelle

S. Rosset, H. Maynard, G. Bernard, L. Devillers, O. Galibert, J.J. Gangolf, A. Garcia-Fernandez, J.L. Gauvain, L. Lamel, D. Toney, B. van Schooten

Nos travaux dans le domaine de l'interaction conversationnelle ont pour objectif de permettre à des utilisateurs d'interagir naturellement avec des ordinateurs pour rechercher des informations ou manipuler des objets. Nous entendons par interaction naturelle le fait que l'utilisateur et le système sont tous deux, à part égale, actifs dans le processus de communication. Dans ce cadre, plusieurs types d'applications sont envisagés comme la recherche d'informations sur le web ou dans des encyclopédies, l'assistance à la rédaction de documents ou le secrétaire personnel. Les activités de ce thème portent aussi bien sur l'étude de méthodes d'analyse de données linguistiques hétérogènes, la modélisation de l'interaction orale homme-machine en domaine ouvert, la recherche d'information et les systèmes de questions-réponses dans des données orales et le développement d'une infrastructure informatique intégrant l'ensemble de ces recherches dans un système opérationnel.

Dans le cadre qui nous intéresse, l'analyse des documents audio ou textuels doit servir à la recherche d'information, à la gestion du dialogue et à trouver la réponse à la question d'un utilisateur. L'objectif est donc d'extraire toute l'information utile présente dans des énoncés. Classiquement, on considère que les résultats produits par différentes formes d'analyse de niveaux variés (analyse en partie du discours, morphologique, syntaxique, lexicale, sémantique) constituent ces informations utiles. Les Entités Nommées sont une forme de ces analyses considérée comme utile (voir page de présentation « [Dialog management in a interactive and open domain QA system](#) »), voire indispensable pour de l'extraction d'information ou de la compréhension. Notre analyse part de la définition des entités nommées et l'étend jusqu'à intégrer ces différents niveaux d'analyse traditionnels. L'approche actuelle est fondée sur un ensemble de règles écrites sous la forme d'expressions régulières de mots et s'effectue en une cinquantaine de passes. L'ensemble des règles représentent 4Mo de textes (270000 lignes) et occupe environ 300Mo en mémoire. De par son utilisation dans un système de dialogue oral homme-machine, l'analyse doit être extrêmement rapide. La vitesse est donc une préoccupation constante dans nos travaux. Actuellement, le système produit l'analyse complète d'un énoncé en environ 4ms. Ce système d'analyse a obtenu lors de l'évaluation pilote de la plateforme Ritel 88,5 % de précision, 88,4 % de rappel et une F-mesure de 0,88 sur l'ensemble des types évalués.

En ce qui concerne la modélisation pour l'interaction orale homme-machine (voir page de présentation « [Multi-level analysis for spoken and written documents](#) »), nos travaux se sont concentrés ces dernières années sur la gestion de l'historique du dialogue, la gestion des confirmations et l'interprétation des actes de dialogue produits par l'utilisateur. Le passage d'un dialogue en domaine restreint à un dialogue en domaine ouvert pose de nombreuses difficultés, en particulier parce que le modèle de la tâche et l'ontologie liée à la tâche sur laquelle nos précédents modèles s'appuyaient sont absents. L'état courant du dialogue devient un ensemble dynamique de différentes informations concernant les entités sur lesquelles la recherche de l'utilisateur semble porter. Ces entités regroupent les éléments jugés pertinents de l'énoncé de l'utilisateur, le cas échéant les réponses du système de Questions-Réponses, ainsi que les actes de dialogue de

l'utilisateur se rapportant à ces éléments (rejet, acceptation, confirmation) et les actes de dialogue du système (information, confirmation implicite et explicite).

Dans le cadre des travaux sur la recherche d'information deux paradigmes peuvent être identifiés : (i) la recherche d'un document et l'extraction de l'information et (ii) les systèmes de questions-réponses. Dans le premier cas, il s'agit le plus souvent pour un système de retourner une liste de documents contenant le plus de mots de la requête, l'utilisateur devant fouiller les documents pour y extraire la réponse à sa question. Dans le deuxième cas, le système doit retourner une réponse précise à une question précise (qui a gagné le tour de France en 2005 ? Lance Armstrong). Ces deux paradigmes constituent des champs d'activité et de recherche très dynamiques. Toutefois, une partie des limitations tient à la difficulté inhérente à l'interprétation de la langue naturelle. Tandis que la plupart des travaux en cours incluent la recherche de méthodes permettant une correspondance automatique entre documents, questions et réponses, il semble que la recherche d'information considérée comme une tâche assistée par ordinateur est une base très prometteuse pour de nouvelles avancées dans l'interaction homme-machine. Nous avons donc développé deux systèmes de questions-réponses adaptés au dialogue. Une spécificité primordiale est le format d'entrée qui est une représentation sémantique de la recherche courante de l'utilisateur calculée par la gestion du dialogue. Dans ce cadre d'intégration d'un système de questions-réponses et d'un système de dialogue oral, la vitesse est également une des premières contraintes. Il n'est pas concevable de faire attendre quelques secondes l'utilisateur avant de lui fournir une réponse. Afin de valider nos approches pour les systèmes de Questions-Réponses, nous avons participé à l'évaluation QAsT (Question Answering on Speech Transcripts, voir page de présentation « [Question answering on speech transcription; the QAsT evaluation](#) ») de la campagne d'évaluation CLEF'2007. Nos systèmes ont été classés premier ou deuxième selon la tâche considérée.

Thème Modèles de langage, apprentissage et traduction

H. Schwenk, G. Adda, A. Allauzen, E. Bilinski, D. Déchelotte, O. Galibert, J.L. Gauvain, J. Luo, H. Maynard, F. Yvon

Dans ce thème nous étudions des algorithmes d'apprentissage statistique pour la modélisation du langage et la traduction automatique.

Un modèle de langage permet d'intégrer dans des systèmes de transcription et de traduction une mesure de la pertinence lexicale, syntaxique et sémantique des mots et phrases qui sont produits. Les modèles de langage utilisés dans les systèmes de l'état de l'art en transcription et traduction à grand vocabulaire, sont des modèles statistiques, et principalement des modèles de langage n-grammes à repli. Ces modèles posent des problèmes particuliers d'apprentissage, principalement parce que les données sont souvent insuffisantes pour les estimer de manière fiable, et que les sources d'apprentissage sont hétérogènes par nature, taille et qualité. Pour ces raisons, nous effectuons des recherches sur des modèles alternatifs, notamment basés sur une modélisation dans un espace continu.

Nous avons développé des modèles pour de nombreuses langues (français, anglais, allemand, espagnol, arabe, mandarin, portugais, ...), qui ont été utilisés avec succès lors de plusieurs campagnes d'évaluation ces deux dernières années (GALE, CHIL et TCSTAR). Pour chaque langue nous nous procurons des textes qui sont le matériau permettant l'estimation de ces modèles. Le choix des textes est guidé par l'utilisation du modèle. Il convient notamment de distinguer le type des textes (écrit, parole préparée ou parole spontanée) et la période (par exemple textes anciens ou récents).

Selon la langue, les modèles retenus peuvent différer ; par exemple, pour le français, nous avons observé que pour une tâche de transcription d'émissions d'information, environ un tiers des erreurs de reconnaissance portent sur des homophones morphologiques.²⁵ Les confusions morphologiques génèrent une combinatoire où les modèles de type n-gramme de mots, tributaires d'occurrence explicite des combinaisons valides dans les données d'apprentissage, se révèlent souvent incapables de respecter ces dépendances à distance.

Récemment, la normalisation des textes (c'est-à-dire l'explicitation de la définition des unités pertinentes pour un traitement linguistique, que l'on désignera par "mot") a montré son importance dans des tâches où

25 Nous appelons homophones morphologiques des paires de mots comme "conspué/conspuée", qui ne diffèrent que par leur genre, nombre, temps, mode ou personne, pour une même transcription phonétique.

elle était jusqu'ici négligée. En effet, nous avons pu montrer que pour les tâches de traduction de parole et de questions-réponses orales, l'utilisation d'une normalisation adéquate apportait un gain significatif à la fois quantitativement, sur la performance des systèmes et qualitativement, dans le développement et l'homogénéité avec les tâches de reconnaissance.

Parmi les tâches où l'apport de la modélisation linguistique est crucial, nous pouvons citer la transcription de la parole conversationnelle et la transcription d'émissions radio-télédiffusées. La difficulté de la modélisation linguistique pour cette dernière réside dans sa richesse informationnelle. L'actualité journalistique décrit des événements nouveaux et peut traiter de thèmes inabordés jusqu'alors, restant ensuite dans l'actualité pendant un temps très variable. Cette nouveauté se traduit par de nouveaux mots (néologismes, noms propres), mais aussi de nouvelles tournures ; il est donc nécessaire de disposer de textes récents pour adapter les lexiques et les modèles de langage (adaptation diachronique). Une approche complémentaire consiste à adapter dynamiquement le modèle de langage en fonction du contenu thématique estimé *a posteriori* de chaque document à transcrire (adaptation thématique). Ces deux voies d'adaptation sont explorées.

Dans la première approche, on adapte les lexiques et les modèles de langage à l'aide de textes issus du Web, collectés quotidiennement. Différentes méthodes d'adaptation du lexique ont été étudiées : une méthode vectorielle, qui optimise la couverture lexicale par combinaison linéaire des fréquences suivant les sources, et une méthode heuristique, où les mots à inclure sont choisis en fixant des seuils sur leur fréquence d'occurrence. Les deux méthodes, combinées avec une adaptation du modèle de langage à l'aide des textes issus du Web, permettent de diminuer significativement le taux d'erreur, et mettent en évidence l'importance pour les méthodes d'adaptation, de disposer d'un corpus de développement réellement représentatif de la tâche. Pour le cas où les textes collectés sont de taille trop réduite, nous avons développé une méthode originale pour être à même d'inclure les mots importants et nouveaux contenus dans ces textes, dans le lexique et dans le modèle de langage sans avoir à reconstruire les modèles. Pour cela, nous utilisons une technique de repli lexical, où les mots nouveaux sont incorporés dans le modèle de langage par le biais d'une vingtaine de classes lexicales représentatives des mots hors vocabulaire les plus fréquents sur le texte d'apprentissage (Nom Propre, Prénom, Verbe conjugué singulier, etc...). Cette technique permet de diminuer significativement le taux de mots hors vocabulaire, et 80% des mots ainsi introduits sont bien reconnus, obtenant ainsi une réduction absolue du taux d'erreur de 0.6% pour des journaux télévisés.

Des recherches ont été entamées sur la détection et la classification automatique des erreurs (voir page de présentation « [Error detection in confusion network](#) ») faites par le système de reconnaissance. Une des applications de ces recherches est d'être capable dans une perspective d'indexation de documents audiovisuels, d'isoler les zones d'erreurs et ainsi d'éviter de perdre l'information concernée. Il est particulièrement intéressant d'être en mesure de savoir si une zone d'erreur a pour origine un ou plusieurs mots inconnus du système. L'autre application est d'être en mesure d'envisager des méthodes d'adaptations du système de reconnaissance qui soient spécifiques aux zones d'erreurs détectées.

Pour cela deux approches sont explorées. La première vise à modéliser les erreurs afin qu'elles soient prises en compte par le système de reconnaissance. Ainsi le système de reconnaissance peut émettre l'hypothèse qu'il est face à un ou plusieurs mots inconnus. Cela consiste à introduire dans les connaissances du système un modèle pour les mots inconnus. Dans la seconde approche, un système de classification automatique est appliqué à la sortie produite par le système de reconnaissance. La plupart des techniques de traitement automatique du langage envisagent la transcription automatique comme un texte réduit à un "simple" flux de mots, sans tenir compte de la richesse des résultats générés par un système de RAP. Plus précisément, le système de reconnaissance construit un réseau de confusion qui est graphe linéaire représentant de manière compacte l'espace de recherche du système de reconnaissance. Nous proposons de partir du réseau de confusion pour détecter dans ce graphe les zones potentielles d'erreurs. Les expériences effectuées pour détecter les erreurs ont donné des résultats encourageants, et nous poursuivons ces travaux afin d'isoler les erreurs dues à des mots inconnus du système.

Depuis quelques années nous effectuons des recherches sur des techniques alternatives aux modèles de langage à repli. La représentation habituelle du mot dans un espace discret rend en effet difficile la généralisation à des contextes non observés, puisqu'une interpolation dans un espace discret est par nature délicate. Ainsi, nous proposons de traiter la tâche d'estimation dans un espace continu. Pour cela chaque mot est projeté dans un espace vectoriel de dimension 50 à 200, la probabilité d'un mot en contexte étant ensuite estimée à partir de cette représentation. L'utilisation d'un réseau de neurones permet d'apprendre conjointement la projection et l'estimation des densités. Des algorithmes très rapides ont été développés

permettant d'entraîner les modèles neuronaux sur des corpus de plusieurs centaines de milliers de mots. L'incorporation dans les systèmes de transcription et traduction se fait par réévaluation de treillis ou de liste des n meilleures hypothèses. Cette technique ne nécessite que très peu de temps, rendant leur utilisation possible même dans des systèmes temps réel.

Ces modèles de langage neuronaux, initialement développés pour pallier le manque de données dans certaines tâches et langues, sont aujourd'hui utilisés avec succès dans tous les systèmes de reconnaissance de la parole à grand vocabulaire du groupe. Pour toutes les langues et toutes les tâches traitées, nous avons obtenu des réductions significatives du taux d'erreur de mots, réductions atteignant jusqu'à 1,6% absolu. La représentation des mots dans un espace continu permet aussi d'envisager plusieurs extensions intéressantes. Nous travaillons en particulier sur de nouvelles techniques d'adaptation non supervisée qui visent à transformer les mots dans cet espace continu, par exemple pour approcher des mots qui apparaissent souvent dans les mêmes contextes dans une conversation.

Nous avons également augmenté de façon substantielle nos activités de recherche en traduction automatique. Il s'agit ici d'une tâche complexe faisant intervenir pratiquement tous les aspects du traitement du langage naturel. La traduction de la parole, et en particulier de la parole conversationnelle, pose de nouveaux problèmes pour la traduction automatique. Beaucoup de ces difficultés proviennent des erreurs commises par le module de reconnaissance qui précède la traduction. Mais même sans erreurs de reconnaissance, la traduction automatique doit résoudre des problèmes inhérents à la parole spontanée comme par exemple des hésitations, des reprises, ou plus généralement, des structures grammaticales incomplètes. L'approche statistique à la traduction automatique propose de résoudre ces problèmes par la combinaison d'une modélisation linguistique et d'une prise de décision statistique (voir page de présentation « [Speech translation](#) »). Cette approche ne nécessite pas l'utilisation d'analyseurs syntaxiques ou de règles de traduction. L'apprentissage des modèles statistiques se fait automatiquement à partir de textes bilingues alignés pour les modèles de traduction et de textes monolingues pour le modèle de langage de la langue cible.

Nous avons réalisé des systèmes complets de traduction automatique fondés sur une approche statistique pour plusieurs paires de langues. Ces systèmes sont basés sur le décodeur libre MOSES (<http://www.statmt.org/moses>) et des extensions développées au LIMSI (voir page de présentation « [Statistical machine translation](#) »). Nous avons en particulier porté l'approche de modélisation linguistique dans le domaine continu à la traduction automatique. Cette technique s'est montrée particulièrement intéressante pour la traduction vers des langues morphologiquement riches. Le modèle de langage de la langue cible joue un rôle très important lorsque l'on traduit par exemple de l'anglais vers le français ou l'espagnol. C'est au modèle de langage de déterminer la bonne déclinaison et l'accord des structures grammaticales. Cette information ne peut souvent être obtenue par le modèle de traduction si la langue source est l'anglais.

Nous nous intéressons également à l'intégration de connaissances linguistiques dans nos systèmes de traduction. A cet égard, nous collaborons étroitement avec les chercheurs du groupe LIR (A. Max et C. Balkanski). D'une langue à l'autre, les structures et les propriétés syntaxiques diffèrent : par exemple l'espagnol est une langue fortement fléchiée alors que l'anglais l'est peu. Or ces structures syntaxiques induisent des ambiguïtés lexicales qui ne sont pas explicitement prises en compte par la modélisation statistique du processus de traduction. Ainsi, nous proposons d'intégrer des catégories morpho-syntaxiques au coeur du modèle de traduction. L'étiqueteur est utilisé sur les corpus parallèles. Un système de traduction statistique est alors construit avec des unités enrichies, constituées des formes de surface des mots, auxquelles sont agglutinées leurs catégories morpho-syntaxiques respectives. Cette méthode permet une désambiguïsation des mots tenant compte de leurs rôles et de leurs contextes grammaticaux.

Une partie de nos travaux a été effectuée dans le cadre du projet européen TC-Star (Technology and Corpora for Speech to Speech Translation). A la fin de ce projet, une évaluation internationale a été organisée sur la traduction de débats du parlement européen. Le LIMSI a pu obtenir les meilleures performances pour la tâche de traduction de l'anglais vers l'espagnol et le troisième rang pour la traduction de l'espagnol vers l'anglais. Nous avons également développé un système pour la paire de langues anglais/français. Ce système a participé à une évaluation organisée par P. Koehn de l'Université d'Edimbourg où notre système a pu obtenir les meilleurs résultats selon la plupart de critères automatiques et des jugements humains (<http://www.statmt.org/wmt07>).

Une dernière voie de recherche explore l'interaction entre le module de reconnaissance de la parole et celui de la traduction. L'interaction peut se faire en traduisant simplement la meilleure hypothèse de

reconnaissance, mais l'utilisation systématique de l'approche statistique permet d'envisager une interaction plus étroite, voire même une optimisation globale conjointe. Une première étude, où l'on remplace la meilleure hypothèse par un réseau de consensus a donné des résultats encourageants.

Thème Transcription et indexation de documents audio

L. Lamel, J.L. Gauvain, G. Adda, M. Adda-Decker, P. Alain, C. Barras, E. Bilinski, L. Canseco, P. Fousek, O. Galibert, J.J. Gangolf, N. Jennequin, J. Luo, T. Pellegrini, S. Rosset, H. Schwenk

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 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 (voir page de présentation « [ASR for less-represented languages, issues in lexical modeling](#) »), anglais, allemand, arabe (voir page de présentation « [Arabic Broadcast transcription](#) »), espagnol, français, mandarin, portugais), qui nous permet en particulier 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. Nos travaux ont porté principalement sur le développement de techniques d'apprentissage adaptatif et d'apprentissage discriminant, ainsi que sur une meilleure prise en compte des variantes de prononciation dans le processus de décodage.

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 par cette procédure, qui peut être initialisée en utilisant des modèles acoustiques appris sur très peu (moins d'une heure) de données transcrites manuellement, s'avèrent être très performants.

Dans le contexte de deux projets intégrés européens (TC-STAR et CHIL), nous avons appliqué nos méthodes à d'autres types de documents audio : d'une part les débats du parlement européen avec pour objectif la traduction automatique de la parole, et d'autre part des enregistrements de séminaires et réunions avec une prise de son en champ lointain. Bien entendu il a été nécessaire d'adapter les modèles pour prendre en compte les spécificités de chaque langue et type de parole, mais les algorithmes sont pratiquement inchangés, démontrant la généralité des méthodes développées.

Un démonstrateur d'un système de recherche d'informations dans des documents audio a été développé en combinant un système de transcription de documents audiovisuels et un système original de recherche d'information conçu spécifiquement pour des flux audio, en particulier dans le cas où les frontières de documents ne sont pas connues *a priori*. Nous avons étudié l'impact d'une transcription automatique sur les réponses d'un système de recherche documentaire ou sur les performances de système de filtrage de documents. Nous avons pu constater que la précision moyenne des réponses en recherche documentaire est pratiquement inchangée lorsqu'on remplace des transcriptions manuelles par des transcriptions obtenues automatiquement, et ceci malgré un taux d'erreur de transcription de l'ordre de 20%. Ce résultat remarquable montre que la qualité de la transcription n'est pas un facteur limitatif pour les techniques actuelles d'indexation. On n'observe pas le même effet de seuil pour le filtrage d'information qui requiert des taux d'erreur de transcription moins élevés pour atteindre des performances comparables à celles obtenues sur du texte en particulier lorsque les thèmes des documents ne sont définis que par quelques mots-clés.

Notre plateforme expérimentale <http://audiosurf.org>, qui indexe quotidiennement des documents audio sur le WEB dans différentes langues, nous permet de valider en vraie grandeur les résultats de nos recherches.

Dans le cadre du projet intégré CHIL (Computers in the Human Communication Loop), nous avons développé des modules pour la structuration automatique d'enregistrements de séminaires et réunions. Ces modules permettent de détecter et de transcrire la parole, de reconnaître et de suivre les locuteurs, d'identifier les entités spécifiques et les thèmes du document, et de reconnaître les émotions des locuteurs, dans le but de générer les annotations nécessaires pour répondre aux questions : qui, où, quoi, comment, et pourquoi ? Les technologies que nous avons développées ont été présentées lors des "technology days" du projet CHIL à Berlin en avril 2006 et à Karlsruhe en juillet 2007. Dans ce contexte nous avons également initialisé des recherches sur la reconnaissance de la « parole audiovisuelle » utilisant conjointement le signal acoustique et l'enregistrement vidéo des lèvres du locuteur pour améliorer les performances des systèmes de reconnaissance de la parole en milieu bruité.

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Gilles	Adda	ITA	IR1	CNRS
Martine	Adda-Decker	Ch	CR1	CNRS
Alexandre	Allauzen	Ens-Ch	MC	Paris XI
Claude	Barras	Ens-Ch	MC	Paris XI
Eric	Bilinski	ITA	IE2	CNRS
Philippe	Boula De Mareüil	Ch	CR1	CNRS
Laurence	Devillers	Ens-Ch	MC	Paris XI
Jean-Jacques	Gangolf	ITA	IR1	CNRS
Jean-Luc	Gauvain	Ch	DR2	CNRS
Lori	Lamel	Ch	DR2	CNRS
Joseph-Jean	Mariani	Ch	DRCE	CNRS
Hélène	Maynard	Ens-Ch	MC	Paris XI
Sophie	Rosset	Ch	CR1	CNRS
Ioana	Vasilescu	Ch	CR1	CNRS
François	Yvon	Ens-Ch	Pr2	Paris XI

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Guillaume	Bernard	Informatique	Paris XI
Daniel	Déchelotte	Informatique	Paris XI
Bianca	Dimulescu-Vieru	Informatique	Paris XI
Marc	Ferràs Font	Informatique	Paris XI
Rena	Nemoto	Informatique	Paris XI
Thomas	Pellegrini	Informatique	Paris XI
Laurence	Vidrascu	Informatique	Paris XI
Cécile	Woehrling	Informatique	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Pierre	Alain	Post-Doc
Mohamed	Benzeghiba	Post-Doc
Petr	Fousek	Post-Doc
Olivier	Galibert	CDD
Cheung Chi	Leung	Post-Doc
Jun	Luo	Post-Doc
Abdelkhalek	Messaoudi	Collaborateur Extérieur
Dave	Toney	Post-Doc

Participation à des instances

Participation à des comités éditoriaux

- G. Adda a été membre du comité scientifique des conférences Interspeech 2005, ASRU 2005, HLT/EMNLP 2005, Interspeech 2006, LREC 2006, Interspeech 2007, ASRU 2007. Il est relecteur pour la revue *Speech Communication*.
- M. Adda-Decker a été organisatrice de l'école thématique CNRS, Voix, Parole, Langue, en 2006; coorganisatrice des journées ATALA « Hésitations, disfluences, répétitions, faux départs : quel ordre dans le désordre ? », en 2005 ; coorganisatrice du symposium satellite à RFP2005 « Traitement de la variation phonologique en français dans la communication orale » en juin 2005, ; elle a été membre de comités scientifiques des conférences Interspeech 2005 et 2007, Journées d'études linguistiques de Nantes 2007, RJC Parole 2007, Colloque Mathématiques et Phonologie (MathPhon I) 2006, LREC 2006 et 2007, workshop DISS (Disfluencies in spontaneous speech) en 2005 ; elle a été membre des comités de programme des conférences suivantes : International Symposium on Linguistic Patterns in Spontaneous Speech 2006, et ISCA Workshop DiSS 2005 ; elle a fait partie du comité de relecture des revues *Speech Communication* et *IEEE Speech & Audio Processing*.
- A. Allauzen a été relecteur pour les Rencontres des Jeunes Chercheurs en Parole 2007 et les Journées d'Etude sur la Parole 2006.
- C. Barras a été relecteur pour les revues *Computer Speech and Language*, *Speech Communication*, *IEEE Trans. on Speech and Audio Processing*, *IEEE Speech Processing Letters* et *Traitement du Signal*, et membre du comité scientifique des Rencontres Jeunes Chercheurs en Parole 2007.
- P. Boula de Mareuil a été membre du comité scientifique des colloques et conférences ATALA 2005, RECITAL 2005, JEP 2006.
- L. Devillers a été membre du comité scientifique de la conférence LREC'2004, LREC'2006, IJCNLP'04, Interspeech'2005 et 2007, ACII 2005 et 2007, Paraling 2007. Elle a été relectrice pour les revues *Speech Communication* depuis 2000, *Computer Speech and Language* 2007, *Jasa* 2007 et *RIA* 2005 "Interactions Emotionnelles".
- J.L. Gauvain est co-éditeur en chef de la revue *Speech Communication* (Elsevier). Il a été membre du comité d'organisation des conférences IEEE ASRU'2005 et TCStar'06, membre du comité de programme des conférences RIAO'2006 et InterSpeech'07, et membre des comités scientifiques de la conférence Eurospeech'2005. Il est membre du comité scientifique des *Annales des Télécommunications*.
- L. Lamel est membre élue du conseil permanent de la conférence ICSLP (2005-2010), membre de l'Interspeech International Advisory Council (2004-2010). Elle est membre du comité éditorial de la revue *Speech Communication*. Elle a été membre du comité scientifique des conférences et workshops: LREC'06, Eurospeech'05, ICSLP'06, Interspeech'07, CBMI'05, MLMI'05, ASRU'05, RANLP'05, RANLP'07, RT06/MLMI06, JEP06, RT07, RJC 2007, ISCA-ITRW sur "Spoken Language Processing for Under-Resourced Languages".
- J. Mariani a été membre du comité de programme des conférences LREC'06, LREC08, et L&TC07, membre des comités scientifiques des conférences SIGDIAL'05 et PIT'06, et membre du groupe de réflexion pour l'organisation du colloque UNESCO « Ethique et Droits de l'Homme dans la Société de l'Information » en 2007. Il est membre du comité éditorial de l'"International Journal of Speech Technology" (Kluwer Academic Press) (1994-), de la collection "Text, Speech and Language Technology" (Kluwer Academic Press) (1995-), de la réédition de l'ouvrage "Survey of the State-of-the-Art in Human Language Technology" (Cambridge University Press) (2000-), et il est membre de l'Executive Editorial Board du Journal « Language Resources and Evaluation » (Kluwer Academic Press) (2004-)
- H. Maynard a été membre du comité scientifique des conférences Interspeech'2005 et LREC'2006.
- S. Rosset a été membre du comité de programme de la conférence TALN'07 (2007), des comités scientifiques de la revue *TAL* (2006), de la conférence EMNLP'07 (2007), TALN'05 (2005) et relecteur pour la revue *Speech Communication*.
- H. Schwenk a été membre du comité scientifique des conférences Tc-Star'06, ICML'06, ACL'06 et IWSLT'07. Il est relecteur pour le journal *IEEE Transaction on Neural Networks and Signal Processing Magazine*, pour *Scholarpedia*, et pour de nombreuses conférences internationales.

Responsabilités institutionnelles et scientifiques

- G. Adda a été expert pour l'ANR ; il est l'un des experts de l'International Advisory Panel chargés d'évaluer les projets du programme hollandais/flamand STEVIN (2004-2007) sur les industries de la langue. Il fait partie du groupe de membres qualifiés pour la BAP E (Informatique, Statistique et Calcul scientifique) du CNRS (2006 et 2007).

- M. Adda-Decker a été expert pour l'évaluation de propositions de projets pour l'ANR programme blanc 2007; elle est membre élu du Conseil de Laboratoire du LIMSI ; elle est membre du FNR (Fonds national de la recherche) Foresight 2006-2007, G.-D. du Luxembourg. Elle est responsable du projet DIGITEO Amadeo "Apprentissage à partir de grandes masses de données orale" (2007-2010), responsable LIMSI du projet ANR PFC-Cor Phonologie du Français Contemporain : corpus oral de référence (2006-2007), et responsable LIMSI du projet ACI-TCAN VARCOM multilinguisme et diversité culturelle (2004-2006).
- A. Allauzen a été expert pour l'évaluation de propositions de projets pour l'ACI Masses de Données du Ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies.
- C. Barras a été expert pour l'évaluation de projet Technolangue, de l'appel ACI Masses de données et du réseau RIAM et l'ANR Technologies Logicielles. Il est membre de la commission de spécialistes 27^{ème} section de l'Université Paris-Sud 11 depuis novembre 2002 et de celle de Paris-Sorbonne 4 depuis 2006.
- P. Boula de Mareuil a été co-animateur de l'évaluation de la synthèse de la parole au sein du projet Technolangue EVALDA. Il est membre du conseil d'administration de l'AFCP, et membre de la commission de spécialistes section 07 de l'université de Nantes. Il a expertisé un projet ANR.
- L. Devillers a été co-animatrice de l'évaluation de la compréhension hors et en contexte de dialogue (MEDIA) au sein du projet Technolangue EVALDA. Elle est responsable du thème « Systèmes d'Information pour la sécurité des biens et des personnes » de Securiteo/Digiteo qui regroupe des chercheurs du LIMSI, du CEA et de Supelec.
- J.L. Gauvain est membre du conseil de laboratoire (depuis 2005) et du conseil de département Communication Homme-machine (depuis 2000) du LIMSI. Il a été vice-président A de la commission de spécialistes 27^{ème} section de l'Université Paris-Sud 11 de 2001 à 2007. Il a été membre du "management board" du projet européen intégré TCStar et il y a coordonné les activités sur la reconnaissance de la parole. Entre 2005 et 2007, il a été responsable pour le laboratoire des contrats de recherche Audiosurf, Ears/Gale, TCStar, et VITAL.
- J.J. Gangolf est membre du conseil de département CHM du LIMSI depuis 2003.
- L. Lamel est membre de l'équipe de coordination du projet Chil pour lequel elle est responsable de la partie «Gender Issues» et est également co-responsable d'un workpackage. Elle assure enfin la liaison avec le projet TCStar. Elle est membre du groupe d'experts international advisory du «Swedish National Graduate School of Language Technology (2002-2009)». Elle est experte scientifique pour l'évaluation «Mid-term» du «Competence Centre for Speech Technology, CTT the Royal Institute of Technology, KTH» de Stockholm. Elle a été membre nommé du conseil d'administration de l'AFCP (2005-2006, elle est actuellement suppléante). Elle est membre du "IEEE James L. Flanagan Speech and Audio Processing Award Committee" (2006-2007-2008).
- J. Mariani a été membre des Conseils d'Administration de l'Agence Nationale des Fréquences (ANFr) (2001-2006), de l'Observatoire des Sciences et Techniques (OST) (2002-2006), et de l'Institut Géographique National (IGN) (2005-2006). Il a été membre suppléant du Conseil d'Administration de l'INRIA (2002-2006). Il a été membre du Comité national de Métrologie du Laboratoire National de Métrologie et d'Essais (LNE) (2005-2006), du Conseil d'Ecole ENST-Paris (2001-2006), du Comité de Direction de SupElec (2001-2006), et du Comité de Pilotage de l'étude GFII "Comparaison internationale dans le domaine des TIC" (2003-2006). Il a été membre des Bureaux Exécutifs et des Comités d'Orientation Stratégique des Réseaux de Recherche et d'Innovation Technologiques RNRT (Télécommunications), RNTL (Technologies du Logiciel), RIAM (Audiovisuel et Multimédia) (2000-2006) et RMNT (Micro et nano-technologies) (2000-2005). Il a été membre des groupes de pilotage de l'évaluation du RIAM et du RMNT (2005), du Comité d'Orientation et de Coordination Inter-Réseaux (COCIR) (2005-2006), du Comité de Pilotage du programme PNanos de l'ANR (2005-2006), du Comité de Pilotage du programme Télécommunications de IANR (2006), du Comité d'administration du réseau national de grandes centrales de micro et nanotechnologies (2002-2006), du Comité de Pilotage de l'action « Techno-Langue » (2002-2006), du Comité de Pilotage de l'action « Techno-Vision » (2003-2006), et du Conseil scientifique de la mission nationale de sauvegarde du patrimoine scientifique et technique contemporain (2005-2006). Il a été membre du Groupe de Travail « Modèles de financements » du programme de Bibliothèque Numérique Européenne (2005-2006), de l'European Network Policy Group (ENPG) (2001-2006), du Comité de Pilotage sur le Calcul Intensif (2005-2006), du groupe d'experts sur l'étude « Bibliométrie en STIC » de IOST (2006-), des Comités de Pilotage et de Suivi de l'action régionale CIMPACA (2006), du Groupe Technique National « Technologies pour la Société de l'Information » (2001-2006), du Groupe de Travail « Réseaux IST » (2002-2006), du « Mirror group » de la plate-forme NESSI (2004-2006), du Comité de préparation de IERA-Net « Lang-Net » (2003-2006), du Comité de préparation de IERA-Net CESAR (2004-2006), du Conseil des activités contractuelles du SAIC de l'UPMC(2003-2006), du groupe de travail « R&D » du SGDN/CISSI (2004-2006), de la sous-commission « Prospective et Technologie » du SGDN/CISSI (2004-2006), du groupe de travail « Outils de veille » du SGDN/IE (2004-2006), et du groupe de travail « Traduction Automatique » du SGDN/IE (2005-2006). Il a été co-coordonateur TIC pour le Forum Franco-Allemand de Postdam (2005). Il est membre de la commission de spécialistes en Informatique et Mathématiques de l'Université de Corté (1995-), du Conseil Consultatif de l'Association Francophone pour la Communication Parlée (2001-), des Conseils d'Evaluation des programmes "Systèmes de renseignement et d'observation" et "Techniques

spatiales" de la DGA/DCE (2003-), du Conseil d'orientation et de perfectionnement de l'Institut d'Informatique d'Entreprises (IIE) (2006-), du Conseil Scientifique du Groupement des Ecoles de Télécommunications (GET) (2006-), du Conseil Général des Technologies de l'Information (CGTI) (2006-), du Comité d'Éthique (COMETS) du CNRS (2006-), du Bureau Exécutif et du Directoire du Pôle de Compétitivité System@tic Paris-Région (2006-), de la Commission Scientifique de l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) (2007-), du Comité Scientifique du Très Grand Equipement (TGE) ADONIS (2007-), et de la Commission Scientifique du RTRA Sciences et Technologies de l'Aéronautique et de l'Espace (STAE) (2007-). Il est membre à vie du Conseil Consultatif de l'ISCA (International Speech Communication Association) (2004-). Il a été membre du « Science and Technology Forum on Multilingualism » (Luxembourg, juin 2005 (rapporteur) et février 2006). Il est membre de l'International Advisory Board du Réseau d'Excellence FP6 « Intuition » (2005-), de l'Advisory Committee du projet NSF ITR Malach "Multilingual Access to Large Spoken Archives" (2002-), du Scientific Advisory Board de l'Austrian Academy Corpus (2003-). Il a été membre du Comité Scientifique du Centre de Compétence CTT-KTH (Suède) (1995-2005), de l'Advisory Committee de l'International Coordinating Committee on Speech Databases and speech I/O systems Assessment (Cocosda) (2000-), de l'International Advisory Board du projet FP6 CHIL « Computer in the Human Interaction Loop » (2004-2007), et l'Advisory Board du Language Technologies Institute de Carnegie Mellon University (2005-2006).

- H. Maynard a été membre élu du département recherche de l'UFR d'informatique de l'Université Paris-Sud 11 de 2003 à 2005. Elle a été membre suppléante du conseil d'administration de l'AFCP de 2005 à 2007. Elle est membre nommé de la commission de spécialistes mathématiques et informatique de l'Université Paris 1 Panthéon ASSAS depuis 2002. Elle est membre élue du conseil d'administration de l'IUT d'Orsay depuis février 2007. Elle est chef du département d'informatique de l'IUT d'Orsay depuis juillet 2007.
- Thomas Pellegrini a été représentant élu des doctorants à l'École Doctorale Informatique de Paris-Sud 11 d'octobre 2004 à octobre 2005. Il a co-organisé en 2007 les rencontres jeunes chercheurs en parole. Il a été membre du conseil de laboratoire en 2006 et 2007.
- S. Rosset a été co-responsable scientifique du projet MEDIA/EVALDA de l'action TechnoLangue (2003-2005) et co-organisatrice de la piste Question-answering on speech transcriptions de la campagne d'évaluation CLEF 2007.
- H. Schwenk a été expert pour plusieurs agences de financement de la recherche. Il a été membre de la commission de spécialistes 27^{ème} section de l'Université Paris-Sud 11 de 2005 à 2007 et membre du conseil de département CHM du LIMSI depuis 2005. Il est responsable du projet ANR jeune chercheur Instar sur la traduction automatique.

Activités ou responsabilités d'enseignement liées à la recherche

Les membres du groupe TLP interviennent dans les formations suivantes sur des sujets relatifs à nos activités de recherche :

- Master recherche Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Accès Audio et Interaction Orale Homme-Machine (A. Allauzen, C. Barras, L. Devillers, H. Schwenk) ».
- Master recherche Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : responsabilité de l'UE de linguistique (P. Boula de Mareuil).
- Master recherche Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : cours sur le « Traitement statistique de l'information » (C. Barras, H. Schwenk).
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Extraction de connaissances dans les textes » (A. Allauzen).
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris XIII : « Modélisation linguistique et indexation automatique de documents audiovisuels » (A. Allauzen).
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Traitement statistique de l'information » (C. Barras et H. Schwenk)
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Traitement du langage parlé » (L. Devillers et H. Schwenk)
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Traitement Automatique des Langues » et « Extraction d'information et dialogue (2007) » (S. Rosset)
- Master professionnel Informatique de l'Université Paris-Sud 11 : « Audio numérique » (M. Ferras, T. Pellegrini)
- École thématique CNRS «Voix, Parole, Langues » à l'Institut d'Études Scientifiques de Cargèse (cours : J. Mariani, P. Boula de Mareuil, Martine Adda-Decker, TP : I. Vasilescu, L. Lamel, B. Vieru-Dimulescu)

- IFIPS (Institut de Formation d'Ingénieurs de l'Université Paris-Sud 11), 5ème année : « Traitement Automatique des Langues » (S. Rosset)
- ENST, Formation continue, « Dialogue oral homme-machine, compréhension et gestion du dialogue » (H. Maynard, 2005).
- ENSTA : 3^{ème} année du cycle d'ingénieur, module « Traitement de la parole » (M. Adda-Decker, C. Barras, L. Devillers, H. Schwenk) (2003-2005)
- Master Informatique première année de l'Université Paris-Sud 11 : « Reconnaissance de la parole » (L. Devillers et H. Schwenk)

Contrats de recherche et valorisation

Projets et contrats de recherche

L'approche prédominante en matière de traitement automatique du langage parlé repose sur une modélisation statistique du processus de génération de la parole et nécessite de grandes quantités de données collectées en conditions réelles (essentiellement dans le cadre d'applications). Ce type de recherche nécessite des moyens matériels et humains importants, en particulier pour collecter les données. C'est la raison pour laquelle nombre de nos activités de recherche sont liées à des ressources contractuelles offrant les moyens et un cadre applicatif propices à la valorisation de ces activités. Voici la liste des projets en cours entre janvier 2005 et septembre 2007 :

- Projet CNRS TCAN VARCOM (2003-2005) – "Traitement de la variation phonologique en français dans la communication orale", en partenariat avec le LPL Aix-en-Provence, ERSS Toulouse, Modyco Paris 10, et Univ. d'Oslo.
- Projet RNTL Audiosurf (2002-2005) – "Indexation Automatique et Recherche Intuitive dans des Documents Audio" http://www.industrie.gouv.fr/rntl/AAP2001/Fiches_Resume/AUDIOSURF.htm
Partenaires : Sinequa, Vecsys
- Projet Darpa EARS – "Effective, Affordable, Reusable Speech-to-Text" (2002-2005) Partenaires : BBN, University of Pittsburgh, University of Washington
<http://www.limsi.fr/tmlp/ears.html>
- Projet européen intégré FP6 CHIL (2004-2006) – "Computers in the Human Interaction Loop" Partenaires : Fraunhofer Institut, Université Karlsruhe ISL, Daimler Chrysler, ELDA, IBM, RESIT-AIT, INRIA-GRAVIR, ITC-IRST, KTH, Technische Universiteit Eindhoven, Universitat Politècnica de Catalunya, Stanford University, Carnegie Mellon University <http://chil.server.de>
- Projet européen intégré FP6 TCStar (2004-2007) – "Technology and Corpora for Speech to Speech Translation" Partenaires: ITC-IRST, RWTH, UPC, UKA, IBM, Nokia, Siemens, Sony, ELDA, RU-Spex <http://www.tc-star.org>
- Réseau européen d'excellence FP6 HUMAINE – "Human-Machine Interaction Network on Emotion" 33 partenaires dans 14 pays <http://www.emotion-research.net>
- Contrat Vecsys (2004-2006) – "Reconnaissance de la parole multilingue et détection des émotions"
- Projet Darpa GALE – "Global Autonomous Language Exploitation" (2005-2010)
- Partenaires : BBN, Cambridge University, Georgia Institute of Technology, Language Computer Corporation, Language Weaver, MIT, Northeastern University, Sakhr Software, University of Colorado, University of Edinburgh, University of Maryland, University of Pennsylvania, USC/ISI
<http://www.darpa.mil/ipto/Programs/gale/index.htm>
- Projet Infom@gic du pôle de compétitivité Cap Digital (2005-2007)
- Projet européen intégré FP6 VITAL (2007-2009) – "Vital Assistance for the Elderly" Partenaires: Eptron, DFKI, Vecsys, Telefonica, RIVAS, Derwentside
<http://www.eptron.es/projects/vital>

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
28/02/2002	27/02/2007		Autre	INA	-	Gauvain Jean-Luc	Mise à disposition
30/04/2002	29/04/2007	ILPHO	Autre	ELDA	-	D'Alessandro Christophe	Mise à disposition
22/05/2006	21/01/2007	Visages Parlants	Autre	France Télécom	-	Martin Jean-Claude	Mise à disposition
04/07/2006	03/07/2008	corpus RITEL	Autre	Université du Maine	-	Rosset Sophie	Mise à disposition
01/08/2006	31/07/2010	Logiciel	Autre	RWTH	-	Gauvain Jean-Luc	Mise à disposition
14/02/2007	13/02/2009	corpus RITEL	Autre	Université d'Avignon	-	Rosset Sophie	Mise à disposition
14/03/2007	13/03/2009	corpus RITEL	Autre	Université de Bretagne Sud	-	Rosset Sophie	Mise à disposition
16/09/2002	16/09/2007		Autre	Vecsys Research	420 000 €	Gauvain Jean-Luc	Contrat de prestations de service
01/11/2002	31/10/2009		Autre	Vecsys	503 190 €	Gauvain Jean-Luc	Contrat de prestations de service
01/01/2004	31/08/2007	CHIL	IP	UE	636 192 €	Lamel Lori	Contrat avec la commission européenne
01/01/2004	31/12/2007	HUMAINE	NOE	UE	124 000 €	Martin Jean-Claude	Contrat avec la commission européenne
01/04/2004	31/03/2007	TC-STAR	IP	UE	719 665 €	Gauvain Jean-Luc	Contrat avec la commission européenne
01/01/2007	31/12/2009	VITAL	STREP	UE	223 132 €	Gauvain Jean-Luc	Contrat avec la commission européenne
01/10/2002	30/05/2006	AUDIOSURF	MEFI	MEFI	140 800 €	Gauvain Jean-Luc	Collaboration de recherche
04/12/2002	04/04/2006	EVALDA	Technolangue	MENRT	66 798 €	Paroubek Patrick	Collaboration de recherche
15/12/2003	14/12/2006		Autre	Thales	5 644 €	Devillers Laurence	Collaboration de recherche
15/12/2003	14/12/2006		Autre	Thales	9 450 €	Devillers Laurence	Collaboration de recherche
01/10/2004	07/12/2007	BDI	Autre	Vecsys	-	Lamel Lori	Collaboration de recherche
01/12/2005	30/11/2006	INFOM@GIC	MEFI	MEFI	54 000 €	Gauvain Jean-Luc	Collaboration de recherche
21/12/2005	20/12/2007	PFC-COR	Prog non thématique	ANR	35 075 €	Laks Bernard	Collaboration de recherche
06/11/2006	05/11/2009	INSTAR	JCJC	ANR	142 437 €	Schwenk Holger	Collaboration de recherche
01/12/2006	01/12/2007	INFOM@GIC 2	MEFI	MEFI	80 785 €	Gauvain Jean-Luc	Collaboration de recherche
01/01/2007	31/12/2007	CORAL	Autre	CNRS	5 240 €	Paroubek Patrick	Collaboration de recherche
01/10/2007	30/09/2010	AMADEO	Projet Emergent	Digiteo	99 804 €	Adda-Decker Martine	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2009	AFFECTIVE AVATARS	RNTL	ANR	297 704 €	Devillers Laurence	Collaboration de recherche
01/12/2007	30/11/2009	CROTAL	MDCO	ANR	56 096 €	Isabelle Tellier	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Adda-Decker, M., *Contribution à la modélisation multilingue de la parole, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2005, Université Paris-Sud/LIMSI.
2. Allemandou, J., *Un paradigme d'évaluation automatique de systèmes de dialogue homme-machine par simulation déterministe d'utilisateurs*. 2007, /LIMSI.
3. Canseco, L., *Identification du locuteur*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
4. Clavel, C., *Analyse et reconnaissance des manifestations acoustiques des émotions de type peur en situations anormales*. 2007, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications/LIMSI/Thales Recherche et Technologie/TSI Telecom Paris.
5. Devillers, L., *Les émotions dans les interactions homme-machine : perception, détection et génération, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
6. Lo, Y.Y., *Topic detection and tracking in audio documents. Thèse Doct Automatique et Traitement du Signal*. 2005, LIMSI-CNRS Université Paris Sud.
7. Schwenk, H., *Contributions à l'apprentissage automatique avec applications à la transcription et traduction de la parole, Habilitation à Diriger des Recherches*. 2005, LIMSI.
8. Zhu, D., *Modélisation acoustique multilingue pour l'identification automatique de la langue et la transcription de la parole*. 2007, Université Paris Sud/LIMSI.
9. Zhu, X., *Acoustic-based speaker diarization*. 2007, Université Paris-Sud/LIMSI.

Reuves à comité de lecture

1. Adda-Decker, M., *Corpus pour la transcription automatique de l'oral*. Revue Française de Linguistique Appliquée, 2007. **XII**(1): p. 71-84.
2. Adda-Decker, M., P. Boula de Mareuil, G. Adda, and L.F. Lamel, *Investigating syllabic structures and their variation in spontaneous French*. Speech Communication, 2005. **46**(2): p. 119-139.
3. Allemandou, J., L. Charnay, L. Devillers, M. Lauvergne, and J. Mariani, *Evaluation automatique de systèmes de dialogue homme-machine, par simulation d'utilisateurs*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2007. **Accepté 2007**
4. Barras, C., X. Zhu, S. Meignier, and J.L. Gauvain, *Multistage speaker diarization of broadcast news*. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, 2006. **14**(5): p. 1505-1512.
5. Boula de Mareuil, P. and B. Vieru-Dimulescu, *The contribution of prosody to the perception of foreign accent*. Phonetica - International Journal of Phonetic Science, 2006. **63**(4): p. 247-267.
6. Clavel, C., I. Vasilescu, G. Richard, and L. Devillers, *De la construction du corpus émotionnel au système de détection*. Revue d'Intelligence Artificielle, 2006. **20**(4-5): p. 529-551.
7. Devillers, L. and L. Vidrascu, *Représentation et détection des émotions dans des dialogues enregistrés dans un centre d'appel. Des émotions complexes dans des données réelles*. Revue d'Intelligence Artificielle, 2006. **20**(4-5): p. 447-476.
8. Devillers, L., L. Vidrascu, and L.F. Lamel, *Challenges in real-life emotion annotation and machine learning based detection*. Neural Networks, 2005. **18**(4): p. 407-422.
9. Gauvain, J.L., G. Adda, L.F. Lamel, F. Lefevre, and H. Schwenk, *Transcription de la parole conversationnelle*. Traitement Automatique des Langues, 2005. **45**(3).
10. Goldman, J., S. Renals, S. Bird, F. de Jong, M. Federico, C. Fleischhauer, L.F. Lamel, M. Kornbluh, D.W. Oard, F. Sebastiani, C. Stewart, and R. Wright, *Accessing the spoken word*. International Journal of Digital Libraries, 2005. **5**(4): p. 287-298.
11. Lefevre, F., J.L. Gauvain, and L.F. Lamel, *Genericity and portability for task-independent speech recognition*. Computer Speech and Language, 2005. **19**(3): p. 345-363.
12. Mariani, J., *Developing language technologies with the support of language resources and evaluation programs*. Language Resources and Evaluation, 2005. **39**(1): p. 35-44.
13. Mariani, J., *Research infrastructures for Human Language Technologies : a vision from France*. Speech Communication Journal, 2007. **Accepté 2007**.
14. Martin, J.C., S. Abrilian, L. Devillers, M. Lamolle, M. Mancini, and C. Pelachaud, *Du corpus video à l'agent expressif*. Revue d'Intelligence Artificielle, 2006. **20**(4-5): p. 477-498.
15. Martin, J.C., G. Caridakis, L. Devillers, K. Karpouzis, and S. Abrilian, *Manual annotation and automatic image processing of multimodal emotional behaviors : validating the annotation of TV interviews*. Personal and Ubiquitous Computing, 2007. **Accepté 2007**: 8p.

16. Martin, J.C., R. Niewiadomski, L. Devillers, S. Buisine, and C. Pelachaud, *Multimodal complex emotions : gesture expressivity and blended facial expressions*. International Journal of Humanoid Robotics, 2006. **3**(3): p. 269-291.
17. Matsoukas, S., J.L. Gauvain, G. Adda, T. Colthurst, C.L. Kao, O. Kimball, L.F. Lamel, F. Lefevre, J. Ma, and J. Makhoul, *Advances in transcription of broadcast news and conversational telephone speech within the combined EARS BBN/LIMSI system*. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing, 2006. **14**(5): p. 1541-1556.
18. Rosset, S., O. Galibert, G. Illouz, and A. Max, *Interaction et recherche d'information : le projet ritel*. Traitement automatique des langues, 2006. **46**(3): p. 155-179.
19. Rosset, S., D. Tribout, and L.F. Lamel, *Multi-level information and automatic dialog act detection in human-human spoken dialogs*. Speech Communication, 2007. **Accepted 2007**.
20. Schwenk, H., *Continuous space language models*. Computer Speech and Language, 2007. **21**(3): p. 492-518.
21. Woehrling, C. and P. Boula de Mareuil, *Identification d'accents régionaux en français : perception et analyse*. Revue Parole, 2006(37-38): p. 55-98.

Livres et ouvrages

Ouvrages individuels

1. Mariani, J., *Spoken language processing : analysis, coding, synthesis and recognition*. 2007: Hermès.

Chapitres d'ouvrage

1. Adda-Decker, M. and L.F. Lamel, *Multilingual dictionaries*, in *Multilingual speech processing - Chapter 5*, T. Schultz and K. Kirchhoff, Editors. 2006, Elsevier. p. 123-168.
2. Bengio, Y., H. Schwenk, J.-S. S  n  cal, F. Morin, and J.L. Gauvain, *Neural Probabilistic Language Models*, in *Innovations in Machine Learning: Theory and Applications*, D. Holmes and L.C. Jain, Editors. 2005, Springer Verlag, Berlin.
3. Boula de Mareuil, P., *Phonetic-prosodic transcription of Italian for text-to-speech synthesis*, in *Tradizione & innovazione - Il parlato : teoria - corpora - linguistica dei corpora - Atti del vi convegno SILFI*, E. Burr, Editor. 2006, Franco Cesati Editore. p. 199-211.
4. D'Alessandro, C., P. Boula de Mareuil, M.-N. Garcia, G. Bailly, M. Morel, A. Raake, F. Bechet, J. Véronis, and R. Prudon, *La campagne EvaSy d'évaluation de la synthèse de la parole à partir du texte*, in *L'évaluation technologique dans le domaine du traitement automatique de la langue : l'expérience du programme technolanguage*, S. Chaudiron and K. Choukri, Editors. 2007, Hermès. p. 15-38.
5. Devillers, L. and L. Vidrascu, *Emotion recognition*, in *Speaker characterization*, C. M  ller and S. Sch  tz, Editors. 2007, Springer Verlag.
6. Mariani, J., *Contribution sur les Technologies de l'Information et de la Communication*, in *Rapport d'activité ministériel 2004-2005*. 2005, Ministère de la Recherche.
7. Mariani, J., *Préface*, in *L'évaluation technologique dans le domaine du traitement automatique de la langue : les campagnes Technolanguage*, S. Chaudiron, Editor. 2007, Hermès. p. 15-18.
8. Mariani, J., *Foreword*, in *Spoken language processing : analysis, coding, synthesis and recognition*. 2007.
9. Vasilescu, I. and M. Adda-Decker. *A cross-language study of acoustic and prosodic characteristics of vocalic hesitations*. in *The NATO Advanced Study Institute on the Fundamentals of Verbal and Non-Verbal Communication and the Biometric Issue*. 2006: IOS Press.

Conférences    comité de lecture

1. Abrilian, S., L. Devillers, S. Buisine, and J.C. Martin. *EmoTV1 : annotation of real-life emotions for the specification of multimodal affective interfaces*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
2. Abrilian, S., L. Devillers, and J.C. Martin. *Annotation of emotions in real-life video interviews : variability between coders*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
3. Abrilian, S., J.C. Martin, and L. Devillers. *A corpus-based approach for the modeling of multimodal emotional behaviors for the specification of embodied agents*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
4. Adda, G., M. Adda-Decker, C. Barras, P. Boula de Mareuil, B. Habert, and P. Paroubek. *Speech overlap and interplay with disfluencies in political interviews*. in *ParaLing'07. International Workshop on Paralinguistic Speech - between models and data (ICPhS07)*. 2007.

5. Adda-Decker, M. *De la reconnaissance automatique de la parole à l'analyse linguistique de corpus oraux*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
6. Adda-Decker, M. *Problèmes posés par le schwa en reconnaissance et en alignement automatiques de la parole*. in *JEL'2007. 5èmes Journées d'Etudes Linguistiques de l'Université de Nantes*. 2007.
7. Adda-Decker, M. and P.A. Hallé. *Bayesian framework for voicing alternation & assimilation studies on large corpora in French*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
8. Adda-Decker, M. and L.F. Lamel. *Do speech recognizers prefer female speakers?* in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
9. Allauzen, A. *Error detection in confusion network*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
10. Allauzen, A. and J.L. Gauvain. *Diachronic vocabulary adaptation for broadcast news transcription*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
11. Allauzen, A. and J.L. Gauvain. *Open vocabulary ASR for audiovisual document indexation*. in *ICASSP 2005. 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2005.
12. Barras, C., X. Zhu, J.L. Gauvain, and L.F. Lamel. *The CLEAR'06 LIMSI acoustic speaker identification system for CHIL seminars*. in *CLEAR'06. Classification of Events, Activities and Relationships*. Paru dans : *Lecture Notes in Computer Science 4122 - Multimodal Technologies for Perception of Humans*, R. Stiefelhagen and J. Garofolo (Eds), Springer Verlag, 2007. 2006.
13. Barras, C., X. Zhu, C.C. Leung, J.L. Gauvain, and L.F. Lamel. *Acoustic speaker identification : the LIMSI CLEAR'07 system*. in *CLEAR 2007. Classification of Events, Activities and Relationships Evaluation and Workshop*. 2007.
14. Batliner, A., S. Steidl, B. Schuller, D. Seppi, T. Vogt, L. Devillers, L. Vidrascu, N. Amir, L. Kessous, and V. Aharonson. *The impact of F0 extraction errors on the classification of prominence and emotion*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
15. Bonneau-Maynard, H., A. Allauzen, D. Déchelotte, and H. Schwenk. *Combining morphosyntactic enriched representation with n-best reranking in statistical translation*. in *Syntax and Structure in Statistical Translation (SSST) - NAACL-HLT 2007/AMTA Workshop*. 2007.
16. Bonneau-Maynard, H., C. Ayache, F. Bechet, A. Denis, A. Kuhn, F. Lefevre, D. Mostefa, M. Quignard, S. Rosset, C. Servan, and J. Villaneau. *Results of the French evalda-media evaluation campaign for literal understanding*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
17. Bonneau-Maynard, H. and F. Lefevre. *A 2+1-level stochastic understanding model*. in *ASRU 2005. 2005 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop*. 2005.
18. Bonneau-Maynard, H. and F. Lefevre. *Un modèle stochastique de compréhension de la parole à 2+1 niveaux*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
19. Bonneau-Maynard, H., S. Rosset, C. Ayache, A. Kuhn, and D. Mostefa. *Semantic annotation of the French media dialog corpus*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
20. Boula de Mareuil, P. *Traitement du schwa : de la synthèse à l'alignement automatique*. in *JEL'2007. 5èmes Journées d'Etudes Linguistiques de l'Université de Nantes*. 2007.
21. Boula de Mareuil, P., M. Adda-Decker, and C. Woehrling. *Analysis of oral and nasal vowel realisation in northern and southern French varieties*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
22. Boula de Mareuil, P., C. D'Alessandro, A. Raake, G. Bailly, M.-N. Garcia, and M. Morel. *A joint intelligibility evaluation of French text-to-speech synthesis systems : the EvaSy SUS/ACR campaign*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
23. Boula de Mareuil, P., B. Habert, F. Bénard, M. Adda-Decker, C. Barras, G. Adda, and P. Paroubek. *A quantitative study of disfluencies in French broadcast interviews*. in *DISS'05. Disfluency in Spontaneous Speech Workshop*. 2005.
24. Buisine, S., S. Abrilian, R. Niewiadomski, J.C. Martin, L. Devillers, and C. Pelachaud. *Perception of blended emotions : from video corpus to expressive agent*. in *IVA 2006. 6th International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2006.
25. Candea, M., I. Vasilescu, and M. Adda-Decker. *Inter- and intra-language acoustic analysis of autonomous fillers*. in *DISS'05. Disfluency in spontaneous Speech Workshop*. 2005.
26. Canseco, L., L.F. Lamel, and J.L. Gauvain. *A comparative study using manual and automatic transcriptions for diarization*. in *ASRU 2005. 2005 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop*. 2005.
27. Clavel, C., L. Devillers, G. Richard, I. Vasilescu, and T. Ehrette. *Detection and analysis of abnormal situations through fear-type acoustic manifestations*. in *ICASSP 2007. IEEE 2007 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2007.
28. Clavel, C., G. Richard, I. Vasilescu, L. Devillers, T. Ehrette, and C. Sedogbo. *The SAFE corpus : illustrating extreme emotions in dynamic situations*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.

29. Clavel, C., I. Vasilescu, L. Devillers, T. Ehrette, and G. Richard. *Fear-type emotions of the SAFE corpus : annotation issues*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
30. Clavel, C., I. Vasilescu, G. Richard, and L. Devillers. *Voiced and unvoiced content of fear -type emotions in the SAFE corpus*. in *SP 2006. International Conference : Speech Prosody 2006*. 2006.
31. Déchelotte, D., H. Schwenk, G. Adda, and J.L. Gauvain. *Improved machine translation of speech-to-text outputs*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
32. Déchelotte, D., H. Schwenk, H. Bonneau-Maynard, A. Allauzen, and G. Adda. *A state-of-the-art statistical machine translation system based on Moses*. in *MT Summit XI. The 11th Machine Translation Summit*. 2007.
33. Déchelotte, D., H. Schwenk, and J.L. Gauvain. *Transcription et traduction de débats parlementaires*. in *15e Congrès Francophone AFRIF - AFIA. Reconnaissance des Formes et Intelligence Artificielle*. 2006.
34. Déchelotte, D., H. Schwenk, and J.L. Gauvain. *The 2006 LIMSI statistical machine*. in *TC-STAR Workshop on Speech-to-Speech Translation*. 2006.
35. Déchelotte, D., H. Schwenk, J.L. Gauvain, O. Galibert, and L.F. Lamel. *Investigating translation of parliament speeches*. in *ASRU 2005. 2005 IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop*. 2005.
36. Devillers, L., S. Abrilian, and J.C. Martin. *Representing real-life emotions in audiovisual data with non basic emotional patterns and context features*. in *ACII'2005. 1st International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*. 2005.
37. Devillers, L., R. Cowie, J.C. Martin, E. Douglas-Cowie, S. Abrilian, and M. Mc Rorie. *Real life emotions in French and English TV video clips : an integrated annotation protocol combining continuous and discrete approaches*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
38. Devillers, L. and L. Vidrascu. *Real-life emotions detection with lexical and paralinguistic cues on human-human call center dialogs*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
39. Devillers, L. and L. Vidrascu. *Positive and negative emotional states behind the laugh in spontaneous spoken dialogs*. in *Laughter 2007. Interdisciplinary Workshop on the Phonetics of Laughter*. 2007.
40. Devillers, L. and L. Vidrascu. *Real-life emotions detection on human-human medical call center interactions*. in *MAVEBA 2007. 5th International Workshop on Models and Analysis of Vocal Emissions for Biomedical Applications*. 2007.
41. Douglas-Cowie, E., R. Cowie, I. Sneddon, C. Cox, O. Lowry, M. McRorie, J.C. Martin, L. Devillers, S. Abrilian, A. Batliner, N. Amir, and K. Karpouzis. *The HUMAINE database : addressing the needs of the affective computing community*. in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction. Paru dans : LNCS 4738, Springer*. 2007.
42. Douglas-Cowie, E., C. Devillers, J.C. Martin, R. Cowie, S. Savvidou, S. Abrilian, and C. Cox. *Multimodal databases of everyday emotion : facing up to complexity*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
43. Ferras, M., C.C. Leung, C. Barras, and J.L. Gauvain. *Constrained MLLR for speaker recognition*. in *ICASSP 2007. IEEE 2007 International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2007.
44. Gales, M.J.F., X. Liu, R. Sinha, P.C. Woodland, K. Yu, S. Matsoukas, T. Ng, K. Nguyen, L. Nguyen, J.L. Gauvain, L.F. Lamel, and A. Messaoudi. *Speech recognition system combination for machine translation*. in *ICASSP 2007. IEEE 2007 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2007.
45. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *Human-computer dialog system in an open domain*. in *MLMI'05. 2nd Joint Workshop on Multimodal Interaction and Related Machine Learning Algorithms*. 2005.
46. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *Ritel : an open-domain, human-computer dialog system*. in *Eurospeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
47. Galibert, O., G. Illouz, and S. Rosset. *RITEL : dialogue homme-machine à domaine ouvert*. in *TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
48. Garcia, M.-N., C. D'Alessandro, G. Bailly, P. Boula de Mareuil, and M. Morel. *A joint prosody evaluation of French text-to-speech synthesis systems*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
49. Gauvain, J.L., G. Adda, M. Adda-Decker, A. Allauzen, V. Gendner, L.F. Lamel, and H. Schwenk. *Where are we in transcribing French broadcast news?* in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
50. Gendrot, C. and M. Adda-Decker. *Impact of duration on F1/F2 formant values of oral vowels : an automatic analysis of large broadcast news corpora in French and German*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
51. Gendrot, C. and M. Adda-Decker. *Is there a universal impact of duration on formant frequency values of oral vowels*. in *LABPHON10. Tenth Conference on Laboratory Phonology*. 2006.
52. Gendrot, C. and M. Adda-Decker. *Analyses formantiques automatiques en français : périphéralité des voyelles orales en fonction de la position prosodique*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.

53. Gendrot, C. and M. Adda-Decker. *Impact of duration and vowel inventory size on formant values of oral vowels : an automated formant analysis from eight languages*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
54. Hallé, P.A. and M. Adda-Decker. *Voicing assimilation journalistic speech*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
55. Jennequin, N. and J.L. Gauvain. *Lattice rescoring experiments with duration models*. in *TC-STAR Workshop on Speech-to-Speech Translation*. 2006.
56. Jennequin, N. and J.L. Gauvain. *Modeling duration via lattice rescoring*. in *ICASSP 2007. IEEE 2007 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2007.
57. Lambert, P., M.R. Costa-Jussa, J.M. Crego, M. Khalilov, J.B. Marino, R.E. Banchs, J.A.R. Fonollosa, and H. Schwenk. *The TALP Ngram-based SMT system for IWSLT 2007*. in *IWSLT 2007. International Workshop on Spoken Language Translation*. 2007.
58. Lamel, L.F., G. Adda, E. Bilinski, and J.L. Gauvain. *Transcribing lectures and seminars*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
59. Lamel, L.F., E. Bilinski, G. Adda, J.L. Gauvain, and H. Schwenk. *The LIMSI RT06s lecture transcription system*. in *Rich Transcription 2006 Spring Meeting Recognition Evaluation Workshop*. 2006.
60. Lamel, L.F., E. Bilinski, J.L. Gauvain, G. Adda, C. Barras, and X. Zhu. *The LIMSI RT07 lecture transcription system*. in *RT 07. Rich Transcription 2007 Meeting Recognition Evaluation Workshop*. 2007.
61. Lamel, L.F. and J.L. Gauvain. *Alternate phone models for conversational speech*. in *ICASSP 2005. 2005 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2005.
62. Lamel, L.F., J.L. Gauvain, G. Adda, C. Barras, E. Bilinski, O. Galibert, A. Pujol, H. Schwenk, and X. Zhu. *The LIMSI 2006 TC-STAR transcription systems*. in *TC-STAR Workshop on Speech-to-Speech Translation*. 2006.
63. Lamel, L.F., J.L. Gauvain, G. Adda, C. Barras, E. Bilinski, O. Galibert, A. Pujol, H. Schwenk, and X. Zhu. *The LIMSI 2006 TC-STAR EPPS Transcription systems*. in *ICASSP 2007. IEEE 2007 International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2007.
64. Lamel, L.F., A. Messaoudi, and J.L. Gauvain. *Improved acoustic modeling for transcribing Arabic broadcast data*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
65. Lamel, L.F., H. Schwenk, J.L. Gauvain, G. Adda, and E. Bilinski. *Improvements in transcribing lectures and seminars*. in *MLM'05. 2nd Joint Workshop on Multimodal Interaction and Related Machine Learning Algorithms*. 2005.
66. Lamotte, M., M. Manzini, C. Pelachaud, S. Abrilian, J.C. Martin, and L. Devillers. *Contextual factors and adaptative multimodal human-computer interaction : multi-level specification of emotion and expressivity in embodied conversational agents*. in *CONTEXT 05. The Fifth International and Interdisciplinary Conference on Modeling and Using Context*. 2005.
67. Lefevre, F. and J.L. Gauvain. *Transformation linéaire discriminante pour l'apprentissage des HMM analyse factorielle*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
68. Lefevre, F. and J.L. Gauvain. *Discriminant initialization for factor analyzed HMM Training*. in *ICASSP 2006. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2006.
69. Liénard, J.S., F. Signol, and C. Barras. *Speech fundamental frequency estimation using the Alternate Comb*. in *INTERSPEECH 2007 - 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
70. Mariani, J. *Speech technology : from pre-history to history*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
71. Martin, J.C., S. Abrilian, and L. Devillers. *Annotating multimodal behaviors occurring during non basic emotions*. in *ACII'2005. 1st International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*. 2005.
72. Martin, J.C., G. Caridakis, L. Devillers, K. Karpouzis, and S. Abrilian. *Manual annotation and automatic image processing of multimodal emotional behaviours : validating the annotation of TV interviews*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
73. Martin, J.C., L. Devillers, S. Abrilian, M. Lamolle, M. Mancini, and C. Pelachaud. *Levels of representation in the annotation of emotion for the specification of expressivity in ECAs*. in *IVA'05. The 5th International Working Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2005.
74. Messaoudi, A., J.L. Gauvain, and L.F. Lamel. *Arabic broadcast news transcription using a one million word vocalized vocabulary*. in *ICASSP 2006. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2006.
75. Messaoudi, A., L.F. Lamel, and J.L. Gauvain. *Modeling vowels for arabic BN transcription*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
76. Pellegrini, T. and L.F. Lamel. *Investigating automatic decomposition for ASR in less represented languages*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
77. Pellegrini, T. and L.F. Lamel. *Expériences de transcription automatique d'une langue rare*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.

78. Pellegrini, T. and L.F. Lamel. *Experimental detection of vowel pronunciation variants in Amharic*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
79. Pellegrini, T. and L.F. Lamel. *Using phonetic features in unsupervised word decompounding for ASR with application to a less-represented language*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
80. Prasad, R., S. Matsoukas, C.L. Kao, J.Z. Ma, D.X. Xu, T. Colthurst, O. Kimball, R. Schwartz, J.L. Gauvain, L.F. Lamel, H. Schwenk, G. Adda, and F. Lefevre. *The 2004 BBN/LIMSI 20xRT English conversational telephone speech recognition system*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
81. Rosset, S., O. Galibert, G. Illouz, and A. Max. *Integrating spoken dialog and question answering : the ritel project*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
82. Rosset, S. and S. Petel. *The ritel corpus - An annotated human-machine open-domain question answering spoken dialog corpus*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.
83. Rosset, S. and D. Tribout. *Détection automatique d'actes de dialogue*. in *TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
84. Rosset, S. and D. Tribout. *Multi-level information and automatic dialog acts detection in human-human spoken dialogs*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
85. Schröder, M., L. Devillers, K. Karpouzis, J.C. Martin, C. Pelachaud, C. Peter, H. Pirker, B. Schuller, J. Tao, and I. Wilson. *What should a generic emotion markup language be able to represent?* in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Paru dans : *LNCS 4738, Springer*. 2007.
86. Schuller, B., A. Batliner, D. Seppi, S. Steidl, T. Vogt, J. Wagner, L. Devillers, L. Vidrascu, N. Amir, L. Kessous, and V. Aharonson. *The relevance of feature type for the automatic classification of emotional user states : low level descriptors and functionals*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
87. Schwenk, H. *Building a statistical machine translation system for French using the Europarl corpus*. in *ACL 2007. 45th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Workshop on Statistical Machine Translation*. 2007.
88. Schwenk, H., M.R. Costa-Jussa, and J.A.R. Fonollosa. *Smooth bilingual n-gram translation*. in *ACL 2007. 45th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2007.
89. Schwenk, H., D. Déchelotte, H. Bonneau-Maynard, and A. Allauzen. *Modèles statistiques enrichis par la syntaxe pour la traduction automatique*. in *TALN 2007. Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*. 2007.
90. Schwenk, H., D. Déchelotte, and J.L. Gauvain. *Continuous space language models for statistical machine translation*. in *COLING-ACL 2006. Joint Conference of the International Committee on Computational Linguistics and the Association for Computational Linguistics*. 2006.
91. Schwenk, H. and J.L. Gauvain. *Building continuous space language models for transcribing European languages*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
92. Schwenk, H. and J.L. Gauvain. *Training neural network language models on very large corpora*. in *HLT/EMNLP 2005. Joint Human Language Technology Conference and Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2005.
93. Van Schooten, B., S. Rosset, O. Galibert, A. Max, R. Op Den Akker, and G. Illouz. *Handling speech input in the Ritel QA dialogue system*. in *INTERSPEECH 2007 - 10th biennial EUROSPEECH Conference*. 2007.
94. Vasilescu, I. and M. Adda-Decker. *Language, gender, speaking style and language proficiency as factors influencing the autonomous vocalic filler production in spontaneous speech*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
95. Vasilescu, I. and M. Adda-Decker. *Facteurs caractérisant les hésitations dans les grands corpus : langue, genre, style de parole et compétence linguistique*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
96. Vasilescu, I., M. Candea, and M. Adda-Decker. *Perceptual salience of language-specific acoustic differences in autonomous fillers across eight languages*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
97. Vasilescu, I., R. Nemoto, and M. Adda-Decker. *Vocalic hesitations vs vocalic systems : a cross-language comparison*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
98. Vidrascu, L. and L. Devillers. *Detection of real-life emotions in call centers*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
99. Vidrascu, L. and L. Devillers. *Annotation and detection of blended emotions in real human-human dialogs recorded in a call center*. in *ICME'05. IEEE International Conference on Multimedia & Expo*. 2005.
100. Vidrascu, L. and L. Devillers. *Real-life emotions representation and detection in call centers*. in *ACII'2005. 1st International Conference on Affective Computing & Intelligent Interaction*. 2005.

101. Vidrascu, L. and L. Devillers. *Five emotion classes detection in real-world call center data : the use of various types of paralinguistic features*. in *ParaLing'07. International Workshop on Paralinguistic Speech - between models and Data (ICPhS07)*. 2007.
102. Vieru-Dimulescu, B. and P. Boula de Mareuil. *Perceptual identification and phonetic analysis of 6 foreign accents in French*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
103. Vieru-Dimulescu, B. and P. Boula de Mareuil. *Identification perceptive d'accents étrangers en français*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
104. Vieru-Dimulescu, B. and P. Boula de Mareuil. *Identification de 6 accents étrangers en français utilisant des techniques de fouilles de données*. in *7èmes Journées Jeunes Chercheurs en Parole*. 2007.
105. Vieru-Dimulescu, B., P. Boula de Mareuil, and M. Adda-Decker. *Identification of foreign-accented French using data-mining techniques*. in *ParaLing'07. International Workshop on Paralinguistic Speech - between models and data (ICPhS07)*. 2007.
106. Vieru-Dimulescu, B., P. Boula de Mareuil, and M. Adda-Decker. *Characterizing non-native French accents using automatic alignment*. in *ICPhS 2007. 16th International Congress of Phonetic Science*. 2007.
107. White, C., I. Shafran, and J.L. Gauvain. *Discriminative classifiers for language recognition*. in *ICASSP 2006. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*. 2006.
108. Woehrting, C. and P. Boula de Mareuil. *Identification of regional accents in French : perception and categorization*. in *Interspeech 2006 - ICSLP. Ninth International Conference on Spoken Language Processing*. 2006.
109. Woehrting, C. and P. Boula de Mareuil. *Comparaison entre l'extraction de formants par Praat et Snack sur deux grands corpus de français du nord et du sud*. in *7èmes Journées Jeunes Chercheurs en Parole*. 2007.
110. Woehrting, C. and P. Boula de Mareuil. *Comparing praat and snack formant measurements on two large corpora of northern and southern French*. in *INTERSPEECH 2007. 10th biennial EUROSPEECH conference*. 2007.
111. Zara, A., V. Maffiolo, J.C. Martin, and L. Devillers. *Collection and annotation of a corpus of human-human multimodal interactions : emotion and others anthropomorphic characteristics*. in *ACII'2007. Second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. Paru dans : *LNCS 4738, Springer*. 2007.
112. Zhu, D. and M. Adda-Decker. *Identification automatique des langues : combinaison d'approches phonotactiques à base de treillis de phones et de syllabes*. in *JEP 2006. 26e Journées d'Etude sur la Parole*. 2006.
113. Zhu, D. and M. Adda-Decker. *Language identification using lattice-based phonotactic and syllabotactic approaches*. in *IEEE Odyssey 2006 : the Speaker and Language Recognition Workshop*. 2006.
114. Zhu, D., M. Adda-Decker, and F. Antoine. *Different size multilingual phone inventories and context-dependent acoustic models for language identification*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
115. Zhu, X., C. Barras, L.F. Lamel, and J.L. Gauvain. *Speaker diarization : from broadcast news to lectures*. in *MLMI 06. 3rd Joint Workshop on Multimodal Interaction and Related Machine Learning Algorithms - Paru dans : Lecture Notes in Computer Science 4299 - Machine Learning for Multimodal Interaction, S. Renals, S. Bengio, and J. Fiscus (Eds), Springer Verlag, 2006*.
116. Zhu, X., C. Barras, L.F. Lamel, and J.L. Gauvain. *Multi-stage speaker diarization for conference and lecture meetings*. in *RT 07. Rich Transcription 2007 Meeting Recognition Evaluation Workshop*. 2007.
117. Zhu, X., C. Barras, S. Meignier, and J.L. Gauvain. *Combining speaker identification and bic for speaker diarization*. in *Interspeech 2005. 9th European Conference on Speech Communication and Technology*. 2005.
118. Zhu, X., C.C. Leung, C. Barras, L.F. Lamel, and J.L. Gauvain. *Speech activity detection and speaker identification for CHIL*. in *MLMI'05. 2nd Joint Workshop on Multimodal Interaction and Related Machine Learning Algorithms*. 2005.

Congrès sans actes, workshops

1. Martin, J.C., S. Abrilian, S. Buisine, and L. Devillers. *Individual differences in the perception of spontaneous gesture expressivity*. in *3rd Conference of the International Society for Gesture Studies*. 2007.
2. Zara, A., J.C. Martin, L. Devillers, V. Maffiolo, and G. Le Chenadec. *Gestural expressions of emotions in human interaction*. 2007.
3. Adda-Decker, M., P. Boula de Mareuil, G. Adda, and N. Nguyen. *Analyses phonétiques et phonologiques du corpus PFC par alignement automatique dans le projet VARCOM*. in *Colloque international PFC 2006. Approches phonologiques et prosodiques de la variation sociolinguistique : le cas du français*. 2006.
4. Gauvain, J.L. *Overview of the ASR Evaluation*. in *TC-Star Workshop on Speech-to-Speech Translation*. 2006.
5. Rosset, S., O. Galibert, G. Adda, and E. Bilinski. *The LIMSI participation to the QAsT track*. in *CLEF 2007. Cross Language Evaluation Forum - ECDL 2007 : 11th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. 2007.

6. Turmo, J., P. Comas, C. Ayache, D. Mostefa, S. Rosset, and L.F. Lamel. *Overview of QAsT 2007*. in *CLEF 2007. Cross Language Evaluation Forum - ECDL 2007 : 11th European Conference on Research and Advanced Technology for Digital Libraries*. 2007.
7. Bolon, P., E. Geoffrois, and J. Mariani, *Soutien à la recherche sur les technologies de la langue et de l'image fondé sur l'évaluation*, in *Conseil Général des Technologies de l'Information*. 2007.
8. Mariani, J., C. Peters, and A. Waibel, *Les technologies de la langue en France et en Europe : quelles perspectives?*, in *Journée Techno-Langue*. 2007.

Magazines

1. Mariani, J., *Report on papers on evaluation for spoken language and multimodal communication*. ELRA Newsletter : LREC 2006 Special Issue, 2006. **11**(2-3).
2. De La Perrière, B., L. Devillers, and J.C. Martin, *Les robots à l'école des émotions*, in *Journal du CNRS*. 2007. p. 33.

P. PAROUBEK, G. ADDA, M. ADDA-DECKER, C. BARRAS, P. BOULA DE MAREÛIL ET
B. HABERT

Objectif

L'action transversale COPTE fait le lien entre deux domaines du Traitement Automatique du Langage Naturel : la reconnaissance de la parole et l'analyse de l'écrit. L'objectif est de fusionner les approches propres aux deux domaines sur des problèmes ouverts situés à l'interface des deux disciplines. Le domaine de la reconnaissance de parole aborde l'analyse du langage par l'étude du signal sonore et doit donc nécessairement prendre en compte les aspects propres à la parole : temporalité et spontanéité. De son côté l'analyse de l'écrit, aborde l'analyse du langage par l'étude des signes, où les aspects qui priment sont plutôt la nature statique et préparée du support d'information étudié. Après s'être intéressée aux gains (coût, temps, et qualité) apportés par l'adjonction d'informations extraites d'écrits complémentaires aux sources audio, dans les méthodes automatique de transcription de la parole (sujet qui a abouti au financement par la DGLFLF en 2007 d'une étude de mise en application en collaboration avec le CORAL de l'université d'Orléans pour la transcription du corpus ESLO), l'action transversale COPTE étudie depuis deux ans les chevauchements de parole, c'est à dire : la transcription, l'annotation et les interactions avec les disfluences (les répétitions, faux départs et hésitations) et les marqueurs discursifs dans des interviews télédiffusées. Ces chevauchements de parole, impliquant plus d'un locuteur parlant simultanément, sont autant d'écueils pour la reconnaissance de la parole, qui les négligeait encore récemment alors qu'ils sont d'une grande importance pour l'analyse conversationnelle. Ils sont en effet naturels dans la communication orale, laquelle ne doit plus être considérée comme une succession de tours de parole séparés dans les systèmes de traitement automatique. Même des interviews télévisées, matériel relativement contrôlé sur lequel nous travaillons, produisent des chevauchements - en moins grand nombre, certes, que dans des conversations téléphoniques ou des réunions. Le but de l'étude de ce genre de matériau est d'arriver à prendre en compte des informations sur la synchronisation et la régulation des tours de parole dans les modèles linguistiques dédiés à la transcription de la parole en interaction. La question est alors : Comment distinguer différents types de chevauchements et quelle est leur influence sur les disfluences ?

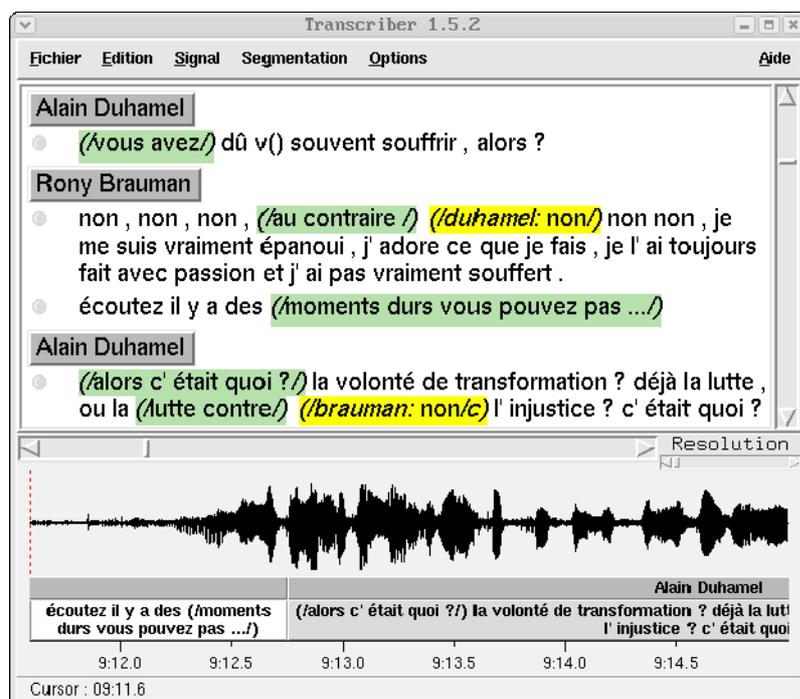


Figure 1

Vue d'écran du logiciel Transcriber avec un extrait de transcription audio exacte vérifiée manuellement et complétée d'annotations pour les événements propres à l'oral spontané.

Description

Nos études reposent sur un corpus d'interviews politiques en français : 8 émissions de L'heure de vérité enregistrées au début des années 90 et fournies par l'INA. Une segmentation en portions de parole multi-locuteurs en a été faite manuellement, en relâchant les contraintes d'ancrage temporel dans le cas des chevauchements, car même la localisation précise du début et de la fin de tels événements n'est pas triviale. Le logiciel Transcriber a été adapté en conséquence pour faciliter cette tâche (voir figure 1). Deux situations ont été distinguées : (1) le chevauchement ne conduit pas à un changement de locuteur primaire, qui reste le même au terme du chevauchement ; (2) le locuteur primaire s'arrête et le locuteur secondaire devient le locuteur primaire d'un nouveau tour de parole. Ces deux situations sont présentées dans la figure 2.

Les chevauchements de parole ont également été annotés en utilisant quatre étiquettes : *bkch* (« back-channel ») pour les régulateurs du type *hmm*, *tst* (« turn stealing ») pour les prises de parole, *att* (« anticipated turn taking ») pour les anticipations de tour de parole et *cmpl* (« complementary ») pour les chevauchements complémentaires. Les régulateurs indiquent que l'on suit l'interlocuteur, qu'on le comprend, qu'on est d'accord avec lui ; ils ne dérangent que peu le locuteur principal. À l'opposé, les prises de parole interrompent clairement le locuteur principal, même si la tentative peut échouer comme pour tout autre acte de langage. L'anticipation de tour de parole correspond au cas où le locuteur qui intervient semble percevoir que le locuteur principal a terminé (indices de fin de syntagme ou de proposition, mélodie descendante, etc.). Enfin, l'étiquette complémentaire a été introduite pour les chevauchements qui visent à compléter le propos du locuteur principal : une répétition éventuellement paraphrasée de ce que dit le locuteur primaire, un accord ou un désaccord explicite, une brève réponse anticipée, une précision avancée ou requise non seulement sur le contenu mais aussi sur la forme de l'échange (temps imparti, thème abordé), un bon mot ou la poursuite de l'énoncé en cours.

Alain Duhamel
 O /vous avez/ dû souvent souffrir, alors ?
 Rony Brauman (1)
 O non, non, non, /au contraire/ /duhamel: non/ non non, je me suis vraiment épanoui, j'adore ce que je fais, je l'ai toujours fait avec passion et j'ai pas vraiment souffert.
 O écoutez il y a des /moments durs vous pouvez pas.../
 Alain Duhamel (2)
 O /alors c'était quoi ?/ la volonté de transformation ? déjà la lutte, ou la /lutte contre/ /brauman: non/ l'injustice ? c'était quoi ?

Figure 2

Exemples de segmentation et de transcription orthographique dans deux situations :
 (1) le chevauchement ne conduit pas à un changement de locuteur primaire, qui reste le même au terme du chevauchement ;
 (2) le locuteur primaire s'arrête et le locuteur secondaire devient le locuteur primaire d'un nouveau tour de parole.

Cette étiquette complémentaire, contrairement à celle de prise de parole, est attribuée à des commentaires ou des énoncés qui se suffisent à eux-mêmes : le locuteur qui intervient ne prend pas la parole pour développer une argumentation. Ce type de chevauchement peut être favorisé par le contexte situationnel : au-delà des locuteurs activement impliqués dans l'émission, un acteur peut souhaiter apporter des informations supplémentaires à l'auditoire. Le tableau 1 donne un exemple de chaque type de chevauchement. Les différences entre étiquettes peuvent s'avérer subtiles et donner lieu à des interprétations divergentes. L'assignation d'une étiquette unique n'est pas toujours aisée : même les *hmm* peuvent avoir différentes fonctions communicatives, comme indiquer une intention d'entrer en scène à son interlocuteur.

type	chevauchement de parole
<i>bkch</i> (régulateur)	A: c'est simplement /le fait/ :/B hum/ que ...
<i>cmpl</i> (complémentaire)	A: j'ai une dernière question /sur / /B: très courte/ sur votre ...
<i>tst</i> (prise de parole)	A: et dans /ce cas.../ B: /Je veux/ revenir...
<i>att</i> (anticipation)	A: et cela mène à l'action /humanitaire ?/ B: /he bien je/ pense

Tableau 1

Les 4 types de chevauchements reconnus dans COPTE pour la parole superposée (les locuteurs sont indiqués par les lettres A et B).

D'un extrême à l'autre dans les chevauchements, les transitions progressives sont courantes dans les tours de parole les plus longs. Deux émissions ont ainsi été traitées par 5 annotateurs, et la référence résultait d'une harmonisation entre les annotations à travers une négociation, d'abord, d'une adjudication, ensuite, pour les étiquettes disputées. Le tableau 2 présente pour l'une des émissions la distribution des étiquettes entre les différents annotateurs. Il confirme le caractère intermédiaire de l'étiquette complémentaire, et montre un pourcentage de confusion assez élevé (24%) entre prises de parole anticipées ou non (att contre tst) Pour les 5 annotations comparées à la référence, la mesure Kappa de l'accord inter-annotation se situe entre 0,7 et 0,8, et descend à 0,6-0,7 quand on considère seulement un choix binaire entre att et tst. Chacune des six émissions suivantes a été traitée par un seul annotateur et passée à un collègue pour vérification. Les corrections impliquaient entre 3% et 6% des étiquettes, ce qui peut être vu comme une estimation du taux de désaccords résiduels. L'annotation manuelle du corpus fondée sur les quatre types de chevauchement donne donc un bon accord inter-annotateur. Ce premier résultat permet d'étudier la distribution des chevauchements ainsi que leur lien avec les disfluences et les marqueurs discursifs.

étiquettes finales	total	étiquettes des annotateurs (%)			
		<i>bkch</i>	<i>cmpl</i>	<i>tst</i>	<i>att</i>
<i>bkch</i>	63	91.1	8.0	1.0	0.0
<i>cmpl</i>	50	9.2	75.8	15.0	0.0
<i>tst</i>	107	0.4	3.6	89.2	6.pap 8
<i>att</i>	26	0.0	0.0	24.0	76.0

Tableau 2

Recouvrement des distributions des étiquettes produites par les 5 annotateurs relativement à la distribution finale des étiquettes pour une émission.

Les chevauchements sont fréquents (3-4 par minute, en moyenne) même s'ils sont de courte durée (2,5 mots pour des tours de parole de 30 mots en moyenne, moins de 5% des données en durée cumulée). Les chevauchements non intrusifs comme les régulateurs, qui encouragent une interaction fluide, sont particulièrement brefs (voir tableau 3). Les chiffres sont comparables pour les locuteurs actifs et passifs (c'est-à-dire entre ceux qui par leur intervention produisent la situation de chevauchement et ceux qui, interrompus, gardent la parole). Mais les locuteurs actifs en situation de prise de parole tendent à parler plus vite; ils produisent davantage de mots que les locuteurs passifs (ceux qui sont interrompus). Les chevauchements engendrent deux fois plus de disfluences que les portions de parole non superposée (voir tableau 4). L'augmentation du taux de disfluences touche surtout les répétitions et vaut en particulier pour les locuteurs actifs dans les situations de chevauchements intrusifs comme les prises de parole. On mesure davantage de répétitions et de marqueurs discursifs chez les locuteurs actifs que chez les locuteurs passifs, ce qui s'explique aussi par la position en début de tour de parole. En même temps, les locuteurs passifs (primaires) deviennent spectaculairement disfluents lors de commentaires complémentaires apportés par leurs interlocuteurs. Ceci corrobore le caractère intrusif de ces chevauchements complémentaires, qui ne visent pas à un changement de locuteur, mais qui, à la fois par leur longueur et leur contenu informationnel, peuvent déranger le locuteur primaire.

catégorie		nombre de segments	freq. (/ min.)	nbr. mots	% mots	long. moyenne (en mots)
http://www.doodle.ch/vim7dnupmh93qkt5						
bkch	P	461	1.2	719	0.8	1.6
	A			550	0.6	1.2
att	P	168	0.4	345	0.4	2.1
	A			391	0.5	2.3
cmpl	P	278	0.7	955	1.1	3.4
	A			974	1.1	3.5
tst	P	438	1.1	1447	1.7	3.3
	A			1658	1.9	3.8

Tableau 3

Décompte des segments de parole superposée (nombre de segments d'un type de chevauchement), fréquence, nombre de mots du segment et longueur moyenne en mots ; pour les rôles P (locuteur passif) et A (locuteur actif), pour les types de segments *bkch*, *cmpl*, *tst* et *att*.

En revanche, les régulateurs n'accroissent pas le taux de disfluences des locuteurs passifs. Ce taux est même plus bas que dans la parole non superposée. On observe enfin des différences intéressantes entre journalistes et interviewés, dont les rôles sont asymétriques. Même si dans l'ensemble les taux de disfluences sont comparables, la représentation de la figure 3, à base de boîtes à moustaches, montre que les journalistes ont des taux de disfluences plus élevés lorsqu'ils sont locuteurs passifs en situation de chevauchement intrusif (*tst* ou *cmpl*). Dans ce cas, on semble assister à un échange des rôles standard (actifs dans l'interruption pour les journalistes et passifs pour les interviewés).

catégorie		% Marq. Disc.	FP (pauses)	RV (reprises)	RP (répét.)	Tous types
<i>non-over</i>		2.4	2.0	2.5	2.5	6.9
<i>over</i>	P	2.1	1.6	2.3	7.2	11.1
	A	5.9	0.5	3.0	11.0	14.5
<i>non-intr.</i>	P	2.4	1.6	2.0	1.3	4.9
	A	7.2	0.6	0.9	5.2	6.7
<i>intr.</i>	P	2.0	1.6	2.5	9.5	13.6
	A	5.4	0.4	3.8	13.0	17.2

Tableau 4

Marqueurs de discours et taux de disfluence (FP pause remplie, RV révision, RP répétition) pour la parole non superposée (*non-over*), pour des rôles de locuteur passif (P) et actif (A), pour chacun des types de chevauchement (*over* chevauchement, *non-intr* non intrusif, *intr* intrusif).

Que ce soit pour des études pragmatiques ou une application à la reconnaissance de la parole, un travail important de modélisation reste à faire. Nous pensons que dresser un inventaire descriptif des différents types de chevauchements de parole y contribue, et peut aider à améliorer la transcription automatique de la parole conversationnelle, les performances dans l'état de l'art actuel étant encore loin de celles que l'on obtient sur de la parole préparée.

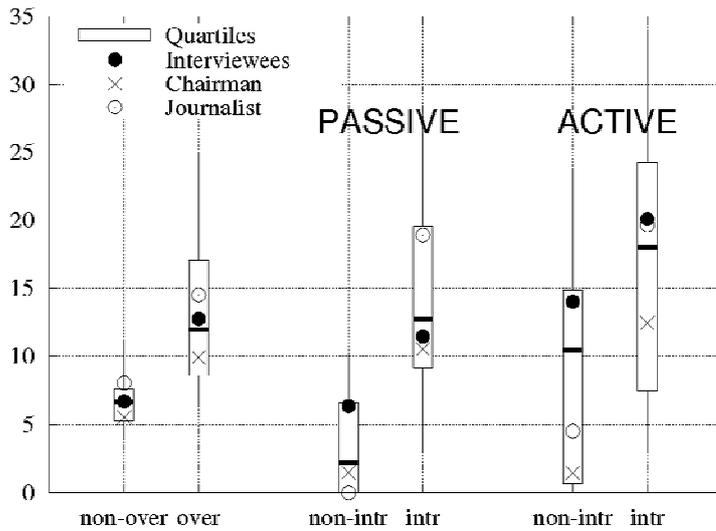


Figure 3
Taux de disfluence pour les différents types de segments de parole superposée (sans / avec chevauchement, locuteur passif / actif) et les différents rôles d'orateur int (intrusif) / non-int (non intrusif)

Production scientifique

- G. Adda, M. Adda-Decker, C. Barras, P. Boula de Mareüil, B. Habert, et P. Paroubek. [Speech Overlap and Interplay with Disfluencies in Political Interviews](#). Actes de l'International workshop on Paralinguistic Speech - between models and data, ParaLing 2007, pages 41-46, Saarbrücken, août 2007.
- P. Boula de Mareüil, B. Habert, F. Bénard, M. Adda-Decker, C. Barras, G. Adda, et P. Paroubek. A quantitative study of disfluencies in French broadcast interviews. Actes de l'atelier Disfluency In Spontaneous Speech (DISS), Aix-en-Provence, septembre 2005.

ANNELIES BRAFFORT

Introduction

L'action thématique Geste du département Communication Homme-Machine du LIMSI a été créée en mai 2004. Ses activités de recherche sont essentiellement consacrées au Traitement Automatique de la Langue des Signes (LSF) mais touchent aussi aux gestes d'interaction en Réalité Virtuelle (RV).

Notre matériel d'étude est constitué de données gestuelles (corps, bras et mains, visage et regard) captées à l'aide de caméras ou d'équipements spécifiques (gants numérique, capteurs de position...). Ces corpus sont annotés et analysés afin de concevoir des modèles qui sont ensuite implémentés et intégrés à des systèmes de traitement automatique, soit en reconnaissance, soit en génération.

Présentation de la recherche

La recherche sur la LSF ne peut se faire de manière déconnectée des besoins des usagers sourds car leurs besoins en NTIC sont importants. Sachant qu'environ 70% des adultes sourds sont illettrés, les recherches doivent permettre en priorité de progresser dans l'éducation et la formation, par le développement de logiciels spécifiques. D'autre part, les personnes sourdes qui ne maîtrisent pas le français écrit doivent pouvoir accéder aux informations au même titre que celles qui le pratiquent couramment, ce qui nécessite notamment d'élaborer des systèmes bilingues (français écrit, LSF). Cela nous conduit à adopter une démarche complète, de la recherche fondamentale aux activités de valorisation et transfert, en passant par le développement de prototypes informatiques en vue d'évaluer ou d'illustrer nos modélisations.

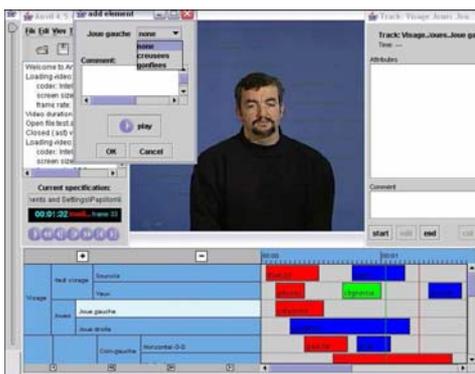
Nous ancrons nos recherches dans le tissu scientifique national, en participant à des projets ou groupes de recherche nationaux et organisant des ateliers, tel que l'atelier TALS présenté plus loin. Nous développons aussi des relations au niveau international, en particulier avec le professeur Robert E. Johnson de Gallaudet University (Washington), seule université au monde dédiée aux étudiants sourds.

Enfin, nous avons entrepris une formation de toute l'équipe à la LSF depuis 2005, que nous souhaitons prolonger par la suite, ceci étant devenu d'autant plus crucial que nous accueillons un collègue sourd dans l'équipe depuis décembre 2006.

Les projets en cours ou récents portent sur :

- la gestion de corpus vidéo de LSF, ce qui induit différentes problématiques (méthodologie, normalisation, diffusion),
- la modélisation linguistique, pour représenter le fonctionnement de la LSF, au niveau des énoncés et du lexique,
- l'animation d'avatars signant, sur la base d'une génération d'énoncés en LSF puis du contrôle de l'animation,
- la reconnaissance et l'interprétation de gestes pour la RV.

Gestion de corpus vidéo de LSF



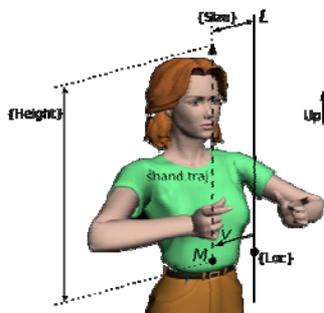
Cette activité comporte plusieurs aspects :

- La réalisation de corpus, qui implique plusieurs champs : *méthodologique*, car la manière de présenter les consignes peut influencer l'interprétation du signeur ; *légal*, car il n'est pas possible d'anonymiser les corpus de LSF puisqu'on a besoin de voir les visages des personnes ; *technique*, car nous essayons de produire des corpus dans des conditions

permettant ensuite d'appliquer du traitement d'image aux vidéos.

- L'annotation des corpus et la spécification des méta-données, qui nécessite de travailler sur la normalisation des descripteurs (thèse d'Emilie Chételat-Pelé en cours).
- La conception d'un logiciel d'annotation, en collaboration avec le professeur Patrice Dalle et son équipe (TCI, IRIT-UPS à Toulouse), qui nous permettra de disposer de modules de traitement d'images et de représentation 3d.

Modélisation linguistique de la LSF



Dans ce domaine, nous travaillons en étroite collaboration avec l'équipe du professeur Christian Cuxac, responsable de l'axe Langue des Signes de l'UMR Structure Formelle du Langage de l'Université Paris 8 (UMR 7023).

En ce qui concerne le lexique, une thèse est en cours (M. Filhol) sur la conception d'un modèle informatique du lexique dédié à la génération automatique en contexte. Nous avons débuté cette année un projet de dictionnaire bilingue LSF-Français qui à terme exploitera les modèles développés par M. Filhol et sera connecté à la plateforme d'animation de signeur virtuel.

Au niveau des énoncés, différents travaux ont été menés depuis 15 ans, concernant la modélisation de l'espace de signation, la définition de règles de grammaires spatio-temporelles (localisation d'entité, verbes directionnels...) et plus récemment la modélisation de connaissances au niveau sémantico-cognitif permettant par exemple de représenter les relations spatiales (thèse de F. Lejeune, soutenue en 2004). Une autre thèse a débuté cette année sur l'analyse des gestes non manuels et leur rôle au niveau du discours dans l'optique de la génération automatique (thèse d'E. Chételat-Pelé). Ces différentes études seront exploitées au sein de la plateforme d'animation de signeur virtuel.

Enfin, nous avons participé à une étude relative à l'écriture de la LSF dans le cadre du projet national RIAM LS-Script décrit plus loin.

Signeur virtuel



Nous élaborons depuis mai 2004 une plateforme logicielle permettant de visualiser à l'écran un humanoïde de synthèse dont on peut contrôler les mouvements. Grâce à cette plateforme, nous pouvons développer des maquettes permettant d'évaluer nos modélisations linguistiques. L'objectif est de générer automatiquement des énoncés en LSF représentés dans un formalisme permettant de contrôler l'animation de l'humanoïde. Cette animation peut ensuite être montrée à des locuteurs de LSF afin d'estimer la qualité linguistique du message produit. La modélisation des gestes de l'humanoïde prend appui sur l'étude de corpus vidéo de LSF.

Une première version de la plateforme permettant de concaténer des séquences prédéfinies a été élaborée en 2007. Cette première version est en cours de transfert à la société WebSourd. Il est prévu différentes étapes de développement de ce logiciel, avec le soutien de WebSourd, en particulier dans le cadre d'une thèse Cifre débutant fin 2007 (thèse de J. Segouat).

Enfin, un ensemble d'animations prédéfinies a été élaboré au LIMSI en partenariat avec WebSourd pour permettre l'affichage de messages en LSF dans les gares SNCF. Ces messages reprennent les informations diffusées vocalement dans les gares. Dans un premier temps il s'agit de messages ne nécessitant pas de génération automatique (par exemple : rappel sur l'interdiction de fumer). Cet ensemble d'animations est déjà utilisé gare de l'Est à Paris sur les systèmes d'affichage publique.

Reconnaissance et Interprétation de gestes



Dans ce domaine, les gestes peuvent être captés à l'aide de dispositifs spéciaux comme les gants numériques et les capteurs de position, mais il peut s'agir aussi de caméras ou de séquences vidéo. Les domaines d'applications peuvent être de nature langagière (LSF) ou de type interaction (interaction gestuelle en RV).

En ce qui concerne la LSF, nous avons étudié l'architecture d'un système de reconnaissance de gestes bi-manuels, pouvant traiter des énoncés comportant des signes lexicaux et des relations spatiales (thèse de B. Bossard soutenue en 2006). Certains aspects de ce travail ont pu être utilisés dans le cadre de l'interaction gestuelle en RV pour interagir avec les objets virtuels de la scène.

A l'inverse, des études effectuées en traitement d'images sur l'analyse de séquences de gestes sportifs acrobatiques (thèse de R. Cassel soutenue en 2005) ont été réutilisées pour l'analyse de séquences vidéo de LSF, en vue de détecter automatiquement certains phénomènes linguistiques.

Nous avons participé à la plateforme de RV « Perf-RV2 » financée par l'ANR/RNTL, dans le cadre d'une application industrielle avec PSA, pour concevoir un vocabulaire gestuel (méthode du magicien d'Oz) et un système de reconnaissance automatique qui va être intégré au sein d'un système d'interaction multimodal.

Projet RIAM LS-SCRIPT



Nous avons participé à un projet financé par le réseau RIAM (Recherche et Innovation en Audiovisuel et Multimédia) d'une durée de deux ans (2005-2007), nommé « *LS-Script. Proposition d'un formalisme graphique pour la Langue des Signes Française dans le contexte de l'enseignement et de la formation* ». Ce projet avait pour objectif de proposer les bases d'un formalisme graphique pour la Langue des Signes Française (LSF), ainsi que les bases des représentations et méthodes informatiques associées.

Les partenaires du projet étaient le LIMSI à Orsay et l'IRIT/TCI à Toulouse pour la recherche en informatique, l'UMR SFL à Paris 8 pour l'étude linguistique, un institut d'étude sur la pédagogie pour l'enseignement aux enfants sourds (l'IRIS à Toulouse), ainsi qu'une société mettant en œuvre des NTIC à destination des usagers sourds (WebSourd à Toulouse).

Le projet a permis d'initier une étude à long terme, qui se poursuivra en particulier avec la création d'un réseau national de recherche sur la LSF et tout d'abord la création d'un portail Internet francophone.

Colloque TALS 2005

Nous avons organisé en 2005 l'atelier sur le Traitement Automatique des Langues des Signes (Atelier TALS 2005), qui fait partie de la conférence TALN 2005 (Traitement automatique des langues naturelles). Cet atelier pluridisciplinaire –linguistique, informatique, sciences cognitives– a pour objectif de rassembler les chercheurs qui travaillent sur la modélisation de la Langue des Signes, ainsi que les étudiants sourds des formations de l'Université Paris 8. L'atelier a comporté des communications orales, des posters, des démonstrations et une table ronde. Il s'est déroulé sur une journée :

- La matinée a été consacrée aux échanges autour d'un petit corpus de dialogue en LSF, mis à disposition des participants.
- L'après-midi a été consacré aux présentations ne concernant pas ce corpus de dialogue.

Le corpus réalisé à l'institut IRIS de Toulouse pour l'occasion constitue le premier corpus de dialogue en LSF. Une deuxième édition de cet atelier a été organisée en 2007 à l'initiative de l'IRIT (Toulouse).

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Laurence	Bolot	ITA	IE1	CNRS
Annelies	Braffort	Ch	CR1	CNRS
Annick	Choisier	ITA	AI	CNRS
Cyril	Verrecchia	ITA	AI	CNRS

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Emilie	Chételat-Pelé	Sciences du langage	Provence
Michaël	Filhol	Informatique	Paris XI

Participation à des instances

Instances d'évaluation ou d'expertise

- A. Braffort est membre du comité scientifique de Gesture Workshop depuis 1997 et est régulièrement sollicité pour des expertises de communication dans d'autres conférences ;
- A. Braffort a expertisé plusieurs articles de revues internationales (Traitement Automatique des Langues, Language Resources and Evaluation, Applied Signal Processing, EURASIP Journal on Image and Video Processing) ;
- A. Braffort a expertisé plusieurs projets ANR (RIAM, RNTL, RNRT) et régionaux (PICRI, allocation doctorale) ;
- A. Braffort a été examinateur du jury de thèse de Boris Lenseigne, IRIT/Toulouse, en décembre 2004 ;
- A. Choisier est membre élu de la section 7 du Comité National de la Recherche Scientifique.

Instances d'administration de la recherche

- A. Braffort a été membre élu vice président B de la CSE de la section 27 de l'université Paris-Sud 11 (2004-2007) ;
- A. Braffort est membre nommé du conseil de département CHM et de la commission hygiène et sécurité ;
- L. Bolot est membre élu du conseil de laboratoire et est membre de la commission informatique ;
- A. Choisier est membre du groupe de pilotage Handicap du CNRS.

Enseignement et diffusion des connaissances

Enseignement

- Université Paris-Sud 11, Master 2 recherche Informatique, option RV et nouvelles interfaces ;
- Université Paris 8, Master 2 professionnel Handicap et nouvelles technologies, NTIC et LSF ;
- Université Paris 8, Licence en linguistique, Logiciels d'annotation de corpus de LSF ;
- Université Paris 8, équipe de Christian Cuxac, Logiciels d'annotation de corpus de LSF.

Diffusion et vulgarisation

- A. Braffort, tutorial GT ACA « Langue des signes et avatars signants », 2007 ;
- A. Braffort, Interview dans PICTO Mag, magazine des Sourds et des entendants, 2006 ;
- A. Braffort, participation à la « nuit blanche des zincs de sciences » sur le thème « du geste à la parole » le 1er octobre 2005 ;
- A. Braffort, « Les représentations sémantiques dans le traitement automatique de la Langue des Signes Française », colloque «Espace du geste et de la posture », Université de Caen, novembre 2004 ;

- A. Braffort, interview sur le site Itinéraires d'Interstices en 2004 : http://interstices.info/display.jsp?id=c_7039&preview=true;
- A. Braffort, C. Cuxac et P. Dalle, poster « Etudes pluridisciplinaires sur la LSF », journée « sciences du langage » du dép. SHS, novembre 2004 ;
- A. Braffort, « Les représentations sémantiques dans le traitement automatique de la Langue des Signes Française », colloque «Espace du geste et de la posture », Université de Caen, novembre 2004 ;
- A. Braffort et C. Collet. « Représentations informatiques des gestes et des énoncés de LSF », journée « Expression et Communication en Interface Homme-Machine », Université Paris 8, mars 2003 ;
- A. Braffort. « Les problématiques liées à l'étude de la Langue des Signes Française », journées du GDR ISIS & AS 70 « Perception, Modélisation et Interprétation du Geste Humain », INPG Grenoble, mars 2003.

Collaborations de recherche

- Avec des laboratoires : UMR SFL Paris 8, UMR IRIT/TCI Toulouse, IRIS Toulouse, Gallaudet University USA, Université de Provence
- Industrielles : WebSourd, PSA

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
12/03/2007	02/06/2007	Prestation Websourd	Autre	Websourd	13 379 €	Braffort Annelies	Contrat de prestations de service
01/09/2004	31/08/2008	INTUITION	NOE	UE	48 649 €	Bourdot Patrick	Contrat avec la commission européenne
15/12/2004	14/08/2007	LS SCRIPT	RIAM	MENRT	57 726 €	Garcia Brigitte	Collaboration de recherche
19/12/2005	31/12/2008	PERF-RV2	RNTL	ANR	70 070 €	Gelin Rodolphe	Collaboration de recherche
01/03/2007	31/08/2009	Encadrement de thèse	Autre	Université de Provence	-	Braffort Annelies	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Cassel, R., *Analyse du mouvement humain par un système de vision. Thèse Doct Informatique*. 2005, LIMSI-CNRS Université Paris Sud.

Revue à comité de lecture

1. Braffort, A. and P. Dalle, *Sign language applications : preliminary modeling*. Universal Access in the Information Society, 2007. **Accepté 2007**.

Conférences à comité de lecture

1. Bossard, B. *Gestural interaction for virtual scene description*. in *GW 2005. The 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*. 2005.
2. Braffort, A. *Articulatory analysis of the manual parameters of the French sign language conventional signs*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation - 2nd Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. 2006.
3. Braffort, A., B. Bossard, and J. Ségouat. *Modélisation des relations spatiales en langue des signes française*. in *TALS/TALN 2005. 12e Conférence sur le Traitement Automatique du Langage Naturel*. 2005.
4. Braffort, A. and M. Filhol. *The first steps of a signing avatar project for French Sign Language*. in *ISGS 2007. International Society for Gesture Studies Conference 2007 : Integrating Gestures*. 2007.
5. Braffort, A. and F. Lejeune. *Spatialised semantic relations in French sign language : toward a computational modelling*. in *GW 2005. The 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*. 2005.

6. Cassel, R., C. Collet, and R. Gherbi. *Système d'analyse de mouvements humains acrobatiques*. in *ORASIS 2005. Congrès Jeunes Chercheurs en Vision par Ordinateurs*. 2005.
7. Cassel, R., C. Collet, and R. Gherbi. *Real-time acrobatic gesture analysis*. in *GW 2005. The 6th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation*. 2005.
8. Dalle, P., A. Braffort, and C. Collet. *Accessibilité et langue des signes : modélisations, méthodes, applications*. in *ASSISTH'07. 1ère Conférence Internationale sur l'Accessibilité et les Systèmes de Suppléance aux personnes en situations de handicap "Pour une meilleure insertion dans la société"*. 2007.
9. Filhol, M. *Une approche géométrique pour la modélisation des lexiques en langues signées*. in *TALN 2006. 13e Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2006.
10. Filhol, M. and A. Braffort. *Sign description : how geometry and graphing serve linguistic issues*. in *TISLR9. Theoretical Issues in Sign Language Research 9*. 2006.
11. Filhol, M. and A. Braffort. *A sequential approach to lexical sign description*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation - 2nd Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. 2006.
12. Filhol, M. and A. Braffort. *Signing avatar : say hello to Elsi!* in *GW 2007. The 7th International Workshop on Gesture in Human-Computer Interaction and Simulation 2007*. 2007.
13. Segouat, J., A. Braffort, and E. Martin. *Sign language corpus analysis : synchronisation of linguistic annotation and numerical data*. in *LREC 2006. Fifth International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2006.

Congrès sans actes, workshops

1. Braffort, A. and P. Dalle. *Sign language processing : models, representations, tools for video analysis, for signing avatars and for communication*. in *ISGS 2005. 2nd Conference of the International Society for Gesture Studies "Interacting Bodies"*. 2005.
2. Bolot, L., A. Braffort, and M. Filhol. *ELSI balbutie! Vers une plateforme d'animation d'avatar signant*. in *WACA'06. Deuxième Workshop Francophone sur les Agents Conversationnels Animés*. 2006.
3. Braffort, A. *Sign language processing : modelling of spatio-temporal constraints*. in *CSLP@Context07. 4th International Workshop on Constraints and Language Processing*. 2007.
4. Braffort, A., P. Dalle, and B. Garcia. *LS-SCRIPT : vers un formalisme graphique pour la LSF*. in *Grand Colloque STIC-2006. Réseaux de Recherche et d'Innovation Technologiques*. 2006.
5. Cassel, R., C. Collet, and R. Gherbi. *Analyse du mouvement acrobatique par traitement vidéo*. in *ISGS 2005. 2nd Conference of the International Society for Gesture Studies "Interacting Bodies"*. 2005.
6. Braffort, A., *La langue des signes et avatars signants*, in *Journée de travail du groupe de travail sur les agents conversationnels animés (GT ACA)*. 2007.
7. Braffort, A., L. Bolot, M. Filhol, and C. Verrecchia, *Démonstrations d'Elsi, la signeuse virtuelle du LIMSI*, in *TALS 2007. Traitement Automatique des Langues des Signes 2007 : atelier de Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*. 2007.
8. Chételat-Pelé, E., A. Braffort, and J. Véronis, *Mise en place d'une méthodologie pour l'annotation des gestes non manuels*, in *TALS 2007. Traitement Automatique des Langues des Signes 2007 : atelier de Traitement Automatique des Langues Naturelles 2007*. 2007.

JEAN-PIERRE ROSSI

Introduction

Les recherches développées ont été centrées sur deux thèmes : (1) l'exploration du contenu de la mémoire sémantique et la relation entre mémoire sémantique et mémoire épisodique ; (2) les conditions d'élaboration des inférences causales. Ces deux séries de recherches ont permis de mettre en évidence le rôle des situations stockées dans la mémoire sémantique.

Présentation des recherches

La mémoire sémantique

Les recherches ont eu pour but à la fois de décrire les contenus de la mémoire sémantique, d'analyser le rapport entre mémoire sémantique et mémoire épisodique et de proposer un modèle du contenu et de l'organisation de ces mémoires.

Le contenu de la mémoire sémantique

Le recueil des données et leurs validations au moyen d'expériences d'amorçage sémantique ont abouti à la description trois catégories de signifiés :

a) **des traits sémantiques dénotatifs et connotatifs**. Ces traits sont généralement explicités dans les définitions. Il s'agit essentiellement des relations taxonomique : hyperonymes (cheval, animal) ou hyponymes (chien, chat) ; des traits génériques ou classèmes (siège, pour s'asseoir) ; des traits spécifiques ou sémantèmes (canari, jaune), des propriétés, caractéristiques (tortue, lent) et fonctions (couteau, coupe). En accord avec Cree, Morgan et Mc Rae (2006) nous avons mis en évidence le rôle primordial des traits spécifiques, plaidant ainsi en faveur d'une approche componentielle de type différentiel.

b) **des traits appartenant au même champ sémantique**. Synonymes : acheter – acquérir ; antonymes : vendre – acheter ; actions associées : acheter – payer (pourrait être classé dans la cooccurrence, script). Ces traits sont majoritairement associés aux verbes.

c) **des cooccurrences**. Cooccurrences d'objets (fourchette, couteau), cooccurrences de lieu (pingouin, banquise), cooccurrences liées à des scripts (tomber, se faire mal), relations prédicat, argument (acheter, livre) ou argument, prédicat (chambre, louer).

La présence de ces différents signifiés dans le réseau sémantique a été établie au moyen de recherches mettant en œuvre la technique d'amorçage sémantique (priming). Les résultats indiquent : a) que selon le type de concept, une catégorie de signifiés est privilégiée ; b) que plus généralement les signifiés correspondant à des cooccurrences situationnelles sont privilégiés. Ces données plaident en faveur de l'hypothèse d'une organisation de la mémoire sémantique en schémas de situations que nous avons dénommées Situations Cognitives de Référence (SCR). Ces SCR sont des situations fréquentes dont les éléments constitutifs entretiennent des relations fonctionnelles. La SCR peut être conçue comme une structure causale de format élémentaire, fondée sur un événement central. Cette hypothèse est aussi étayée par les recherches menées sur la production des inférences au cours de la lecture. Les données obtenues dans ce cadre, indiquent que la production d'inférences est contrainte par l'élaboration des modèles de situations construits à partir des SCR les plus fréquentes. Cette hypothèse est reprise dans les recherches sur les conditions d'élaboration des inférences causales.

Modélisation des SCR

Un modèle connexionniste de l'apprentissage des associations constitutives des SCR a été élaboré. Il est constitué de trois cartes compétitives organisées de façon hiérarchique. Une première carte reçoit les entrées mots : une unité représente un mot. Le mot est connecté à une carte d'association par une première boucle de résonance adaptative. Une seconde boucle connecte l'association à une carte de classification spécifiant la nature de l'association. De cette nature dépend le type d'organisation du réseau. Des ensembles de couples sont créés sur la base de la cooccurrence. Chaque fois que les éléments sont co-occurents, le lien est renforcé. La force des liaisons est modifiée par l'apprentissage. A la fin de l'apprentissage on aboutit à des réseaux hiérarchisés sur la base des cooccurrences.

Conditions d'élaboration des inférences causales et rôle des composantes temporelles

Une première série de recherche a permis de mettre en évidence que la seule condition nécessaire à l'élaboration d'une inférence causale était la priorité temporelle : la cause doit être présentée avant la conséquence (hypothèse d'iconicité). Les autres conditions (la contiguïté temporelle et spatiale et la non contingence) ne sont pas indispensables. Dans ces trois conditions, les lecteurs imaginent des situations compatibles avec l'information lue. Soit ils infèrent des conditions qui rendent la causalité plausible soit ils imaginent de nouvelles situations dans lesquelles la relation devient plausible.

A la suite de ces données, les effets du temps sur la compréhension des relations causales ont été étudiés. Les aspects lexicaux et grammaticaux ont été manipulés. Les données indiquent que l'effet du temps dépend essentiellement de la nature du verbe. L'aspect grammatical n'a pas d'effet sur la plausibilité de la relation causale pour les verbes d'état ou d'activité c'est-à-dire les verbes non conclusifs. En revanche, elle varie pour les verbes décrivant une situation ponctuelle ou continue. L'ensemble des résultats met en évidence le rôle du modèle de situation et renvoie aux Situations Cognitives de Références. Lorsque la relation causale évoque une SRC, elle est jugée plausible sans restriction. Un modèle du rôle des relations temporelles dans les relations causales est proposé.

L'ensemble des recherches témoigne de l'importance des modèles de situations élaborés au cours de la lecture et plus particulièrement des Situations Cognitives de Référence.

Personnel

Permanent

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Jean-Pierre	Rossi	Ens-Ch	PrCE	Paris XI

Participation à des instances

J.-P. Rossi est :

- conseiller scientifique pour « les facteurs humains » à la DGA
- expert auprès de différentes revues
- membre du comité de rédaction de « L'Année Psychologique »
- membre du conseil de département de biologie de l'université Paris-Sud 11
- membre de la commission pédagogique de l'UFR scientifique d'Orsay (université Paris-Sud 11)
- président de la commission de spécialiste (16^o Section)

Enseignement

- J.-P. Rossi : 2004-2005 Cours master d'ergonomie (Université Paris-Sud 11) M1 : Apprentissage et mémoire ; 2004-2005 Cours master d'ergonomie (Université Paris-Sud 11) M2 : Vieillessement cognitif ; 2004-2005 Cours master d'ergonomie (Université Paris-Sud 11) M2 : Méthodologie ergonomique ; 2004-2005 Cours master Vieillessement et handicap (université Paris-Sud) M2 : Effets du vieillissement sur la mémoire. ; 2004-2005 Cours master Sciences Cognitives (Université Paris-Sud 11) M2 : Apprentissage et mémoire ; 2004-2005 Cours master Sciences Cognitives (Université Paris-Sud 11) M2 : La compréhension des textes
- Direction du master d'ergonomie, Université Paris-Sud 11

Collaborations de recherche

- J.-P. Rossi a créé un groupe de recherche réunissant trois laboratoires qui travaillent sur la compréhension des textes : le laboratoire de psychologie cognitive de l'université de Lyon 2 et le laboratoire de psychologie cognitive de l'université de Montpellier III. Ce groupe se réunit une fois par trimestre et travaille à des mises en commun théoriques et expérimentales

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
01/01/2003	31/12/2006	Sémantique humaine	TCAN	CNRS	33 600 €	Rossi Jean-Pierre	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Fiévé, E., *Rôle des composantes temporelles dans l'évaluation des relations causales. Thèse Doct. Sciences Cognitives*. 2005, LIMSI-CNRS Université Paris-Sud.

Livres et ouvrages

Ouvrages individuels

1. Le Ny, J.F., *Comment l'esprit produit du sens*. 2005: Odile Jacob. 416p.
2. Rossi, J.P., *Psychologie de la mémoire: de la mémoire épisodique à la mémoire sémantique*. 2005 : de Boeck.
3. Rossi, J.P., *Psychologie de la mémoire*. 2006: De Boeck Université. 168.
4. Rossi, J.P., *Psychologie de la compréhension du langage*. 2007: De Boeck Université. 278p.

Conférences à comité de lecture

1. Champion, N., J.P. Rossi, J.F. Leny, and C. Declercq. *Action schema, along-term memory structure accessed in semantic tasks on words*. in *Colloque Mémoire et Compréhension*. 2006.
2. Champion, N., J.P. Rossi, J.F. Leny, and C. Declercq. *Action schema, a basic knowledge structure accessed to provide meaning relations to words*. in *Sixteenth Annual Meeting of the Society for Text and Discourse*. 2006.
3. Fiévé, E. and J.P. Rossi. *Causality and verbal aspect*. in *Sixteenth Annual Meeting of the Society for Text and Discourse*. 2006.
4. Guha, A. *Where is causality?* in *CogSci 2006. The 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society*. 2006.

Revue sans comité de lecture

1. Rossi, J.P., *Hommage à Jean-François Le Ny (1924-2006)*. *Bulletin de psychologie*, 2007. **60**(2): p. 171-173.

Congrès sans actes, workshops

1. Guha, A. *Knowledge and reasoning for classifying theories of causality*. in *ST&D 2006. 16th Annual Meeting of The Society for Text & Discourse*. 2006.

Magazines

1. Rossi, J.P., *Le rôle des schémas cognitifs*, in *Sciences Humaines*. 2006. p. 48-50.

PATRICK BOURDOT

Introduction

VENISE²⁶ (Virtualité et ENVironnement Immersif pour la Simulation et l'Expérimentation), lancée en janvier 2001, est une action de recherche en Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A) qui, au-delà de structurer transversalement l'ensemble des travaux menés dans ce domaine au sein du LIMSI, a pour ambition d'être un acteur majeur de la politique du département ST2I du CNRS en termes de recherches pluridisciplinaires pour et autour de la RV&A.

Les perspectives de recherche de l'action transversale VENISE sont doubles. Il s'agit tout d'abord des travaux liés aux algorithmes de RV&A et aux méthodes d'interaction homme-machine dans des dispositifs immersifs. Ces perspectives portent ensuite sur les recherches à mener pour l'utilisation des environnements immersifs en relation avec plusieurs domaines d'applications impliquant aussi bien des équipes scientifiques (LIMSI, IBP, EBG, LPBM, IEF...) que des industriels (OpenCASCADE, Dassault Systèmes, PSA Peugeot-Citroën, Vecsys, Haption, Intempora...). Au regard des acquis du laboratoire, de ses potentialités humaines par rapport à la diversité des problématiques possibles, du résultat des réflexions menées dans les groupes de travail « Langages de description de scènes et humains virtuels » et « Réalité Virtuelle et Cognition » et des conclusions du dernier Comité de Pilotage Scientifique de cette action transversale, le programme de recherche de l'équipe VENISE s'est organisé autour de :

- 6 thèmes de recherche : architectures distribuées et solutions cluster ; modèles pour l'interaction multimodale en RV&A ; modalités pour l'interaction immersive ; mise en correspondance des mondes réels et virtuels ; gestion de données et description de scènes complexes ; paradigmes et métaphores, cognition et usages.
- 5 domaines applicatifs : dynamique des Fluides ; bio-informatique ; conception assistée par Ordinateur (VRAD), contrôle à distance de véhicule autonome (SACARI) ; virtualité, interaction, design et art (VIDA).

Les activités développées dans ces différents axes de recherches seront présentées dans les trois sections ci-dessous. En préalable, nous noterons que la dualité des activités de recherche de VENISE, à savoir le fait de mener à la fois des travaux fondamentaux sur la RV&A et des recherches appliquées, est possible du fait de la structure spécifique de cette action transversale. Celle-ci est basée sur l'interaction d'un noyau de chercheurs entièrement centrés sur les problématiques de VENISE (membres « propres »), avec un ensemble de chercheurs internes ou externes au laboratoire (membres « associés ») dont l'activité de recherche ne concerne pas exclusivement la RV&A. Par ailleurs, cette action transversale est maintenant un réel acteur régional, national et international dans le domaine de la RV&A. Ainsi, parmi les faits les plus marquants sur la période, notons que VENISE :

- supervise le partenariat des laboratoires CNRS dans le réseau d'excellence INTUITION (NoE du 6ème programme cadre IST) et est partenaire du STREP « Wayfinding » ;
- est porteuse du projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE » et est partenaire de la plate-forme ANR RNTL « Perf-RV2 » ainsi que du projet ANR-RIAM « Sound Delta » ;
- est porteuse du projet de plate-forme « SIMCoD » du RTRA DIGITEO.

Nous détaillerons certains aspects de ces projets et les partenariats associés dans les sections suivantes ou dans la liste des collaborations scientifiques. Notons cependant que le projet SIMCoD (Simulations Immersives, Multimodales, Collaboratives et Distantes du futur) vise globalement la mise en place d'une coopération scientifique entre trois laboratoires de DIGITEO (LIMSI-CNRS, CEA/LIST, IEF) en lien avec trois partenaires industriels (Vecsys, Haption et Intempora) sur les aspects multimodaux du travail collaboratif entre dispositifs immersifs distants.

²⁶ <http://www.limsi.fr/venise/>

Les recherches menées par l'action transversale VENISE ont été principalement développées sur un dispositif immersif intermédiaire appelé MUSE²⁷ acquis grâce à l'aide du CNRS, d'un projet SESAME du Conseil Régional d'Ile-de-France (novembre 1999) et de ressources provenant de notre partenariat dans Perf-RV (RNTL 2000). En parallèle, nous avons œuvré à la spécification d'une grande plate-forme immersive de RV&A, à savoir le dispositif EVE (Evolutive Virtual Environment), qui sera installé courant 2008 dans la halle immersive du nouveau bâtiment du LIMSI-CNRS et dont une partie du financement sera assurée par le projet SIMCoD (DIGITEO 2007) en complément du financement CNRS.

Présentation de la recherche

Thème Architectures distribuées et solutions cluster

P. Bourdot, T. Convard, A. Tarault, D. Touraine, J.-M. Vézien

Un certain nombre de modules logiciels résultant des activités de recherche de l'équipe VENISE sont progressivement intégrés dans la plate-forme EVI3d. Cette plate-forme logicielle est un aspect de l'effort de coordination mené pour étudier les problématiques centrales de RV&A en même temps que pour servir de support aux recherches appliquées de cette action transversale. Pendant les deux dernières années, ces efforts de recherche ont été centrés sur l'étude des problèmes critiques suivants :

- architecture distribuée pour l'interaction multimodale en Environnement Virtuel (EV) ;
- distribution du rendu graphique (grappe de PC) ;
- gestion de la modalité 3d audio ;
- navigation en environnement virtuel

Les deux premiers points seront rapportés dans les sections ci-dessous. Les deux autres sont présentés plus loin dans le thème 3 (section « 3d audio en RV ») et thème 6 (section « navigation virtuelle »). Une présentation globale de la plateforme EVI3d a été publiée en 2006 dans un chapitre dans la troisième édition du Traité de la RV [o3].

Sous-thème « Architecture distribuée pour l'interaction multimodale en EV »

D. Touraine, P. Bourdot, J.-M. Vézien

Au sein de la plate-forme d'EVI3d, l'EVserver est une architecture logicielle distribuée pour la gestion de l'interaction multimodale dans les environnements immersifs, développée au cours des cinq dernières années par VENISE, avec plusieurs objectifs spécifiques et originaux :

- créer une architecture client/serveur multi plate-forme, de sorte que différentes entrées/sorties peuvent être contrôlées par différentes machines. Cela est essentiel, en raison de la nature intrinsèquement distribuée de la génération d'événements dans les systèmes de RV.
- gérer des modalités et non pas seulement des périphériques de bas niveau. Ceci signifie que différents niveaux d'interprétation des données peuvent être contrôlés par le système. Des moteurs d'identification (voix, geste) ont ainsi été implémentés et intégrés à l'EVserver.
- gérer la multimodalité : plusieurs entrées peuvent être combinées au niveau du signal ou de l'interprétation, en conservant une flexibilité élevée, une facilité d'utilisation et la synchronisation temporelle et logique. Les travaux récents se sont concentrés sur le développement d'un moteur multimodal générique pour combiner des entrées de voix, de localisation 3d, de capture de geste et d'haptique.

Une grande partie de ces travaux sur l'EVserver a été publiée au niveau international en amont de la période de ce rapport. Ils ont également été présentés en détail dans le mémoire de thèse de doctorat que *D. Touraine* a soutenue en 2003. Ils ont été aussi décrits de façon plus synthétique dans plusieurs livrables ou publications liés à Perf-RV (RNTL 2001-2004) et dans les rapports finaux de projets régionaux (SESAME 2000-2004, ASTRE 2002-2005).

27 MUSE (Multi-User Stereoscopic Environment) est un dispositif immersif composé de 2 écrans verticaux retro-projetés à angle droit de 2 mètres de côté (sorte de coin de CAVETM), reconfigurable en un seul écran rétro-projeté à double stéréoscopie (combinaison des technologies actives et polarisées pour l'interaction avec deux reliefs visuels exacts). De plus, MUSE est équipé de capteurs de position (électromagnétique et infrarouge), de systèmes de reconnaissance de la parole et des gestes, d'un système audio 3d et de périphériques haptiques (vibro-tactile et bras à retour d'effort).

Sous-thème « Rendu sur grappe de PC pour les applications de RV&A »

T. Convard, A. Tarault, P. Bourdot, J.-M. Vézien

La visualisation haute performance sur des dispositifs multi-écrans typique en EV est de plus en plus accessible aux solutions basées sur des PC standard flexibles de faible coût. Néanmoins, ce type de rendu graphique n'est pas encore possible sur un seul PC, d'où le besoin de solutions à base de grappes de PC. Toutefois la perte de l'architecture centralisée rend nécessaire le partage et la distribution de la description de la scène 3d de manière efficace et synchronisée. Deux approches de rendu graphique sur grappe de PC pour des applications de RV&A ont été étudiées durant cette période d'activité.

La première est la bibliothèque logicielle DRS (Distributed Rendering System). Initialement conçue pour répondre aux besoins de la CAO en RV en matière de rendu graphique temps réel d'objets déformables sur grappe de PC (cf. VRAD, voir application 3), cette bibliothèque offre en fait une solution générique, pour les applications qui ont besoin d'être indépendantes du graphe de scène et/ou de la plateforme logicielle de RV. Cette généralité a en particulier été démontrée par son utilisation pour le portage de ADN-Viewer (voir application 2) sur la plate-forme EVI3d. Les solutions existantes de distribution de données 3d se basent sur des descriptions de scènes statiques ou bien sur des commandes très bas niveau (affichage de primitives). La bibliothèque DRS a été développée comme une solution de rendu sur grappe de PC de type « middleware », au sens où elle permet de manipuler des objets 3d hybrides et la distribution efficace de primitives complexes (objets déformables).

Une autre solution a par ailleurs dû être développée dans le contexte de la conception d'une interface de RA pour une application de conduite à distance (voir application 4). Cette seconde approche de rendu graphique sur grappe de PC pour la RV&A combine la plateforme ^{RT}Maps²⁸ avec la bibliothèque 3d OpenSceneGraph. Cette solution permet de gérer et de synchroniser des flux vidéo, ainsi que des objets 3d déformables. Son avantage principal est la modularité, autorisant l'intégration de nombreux périphériques tels une caméra stéréo ou un capteur de mouvement 6DDL.

En termes de perspective, DRS pourrait être étendue à d'autres modalités, comme l'haptique. En effet, le même problème de distribution d'objets 3d survient lorsque l'on connecte plus d'un périphérique haptique au système de RV. Comme l'haptique a besoin de taux de rafraîchissement élevés et de descriptions géométriques détaillées, DRS est vraisemblablement bien adaptée aux applications de rendu haptique distribuées. Par ailleurs, une évolution naturelle pour DRS serait d'utiliser un protocole réseau de type multicast pour utiliser moins de bande passante. Contrairement à TCP, des algorithmes de vérification doivent être mis en place afin de s'assurer que les données ont bien été reçues. Nous avons mené des tests préliminaires sur notre grappe de PC montrant que le surcoût induit en charge réseau est trop important comparé au gain du multicast. Toutefois, sur une grappe de PC comportant plus de noeuds (pour gérer une CAVE 6 faces par exemple) le multicast doit être reconsidéré.

Publications : [c9], [c34], [t3].

Thème Modèles pour l'interaction multimodale en RV&A

M. Ammi, Y. Bellik, P. Bourdot, G. Bouyer, A. Braffort, B. Katz, J. Mariani, D. Touraine, J.-M. Vézien

La *multimodalité* est la capacité d'un système à échanger des informations porteuses de sens avec un utilisateur, à travers les différents canaux sensori-moteurs (parole, geste, vision, audition, haptique...). La RV est un domaine avancé de l'IHM qui permet à des humains de percevoir et de manipuler des environnements numériques de manière immersive. Il semble donc évident d'essayer d'appliquer ce concept de multimodalité dans les EV. Notre expertise en matière de multimodalité pour la RV&A nous a amené à rédiger un chapitre dédié à cette problématique dans la troisième édition du Traité de la RV (2006) [o2].

28 La plateforme RTMaps (Real Time, Multisensor, Advanced, Prototyping Software) est un produit de notre partenaire Intempora S. A. (<http://www.intempora.com/>).

Sous-thème « Fusion multimodale en EV »

Y. Bellik, P. Bourdot, D. Touraine, J.-M. Vézien

L'interaction naturelle en EV est une condition *sine qua non* pour promouvoir l'usage de la RV dans des applications complexes et de haut niveau (CAO, exploration de données...). Récemment, plusieurs recherches se sont concentrées sur la reconnaissance de parole, de langage ou de geste pour combler les lacunes des traditionnelles interfaces clavier/souris, peu appropriées aux EV. Cependant, la fusion et l'interprétation de multiples signaux en entrée restent un problème d'actualité. Dans ce domaine, nos recherches ont mis l'accent sur le design et l'implémentation d'un système générique de fusion multimodale, dédié à l'interaction en RV.

Le modèle choisi est un moteur à trois niveaux qui construit progressivement des messages abstraits, indépendants des capteurs, pour décrire les actions de l'utilisateur sans tenir compte des caractéristiques réelles d'entrée. Il autorise virtuellement n'importe quelle interaction multimodale et est configurable et adaptable simplement par des fichiers XML. Tourné vers les EV, le système traite également les problèmes d'acquisition distribuée et de synchronisation de données, résout l'ambiguïté multi-utilisateurs et supporte la redondance et la complémentarité. Comme il a été conçu pour être générique et indépendant du matériel, il a été testé avec succès avec des interfaces plus conventionnelles (jusqu'aux widgets PC) mais également avec des émulateurs (faux capteurs utilisés en débogage).

Nos travaux sur la fusion multimodale en RV font l'objet d'une des contributions du LIMSI-CNRS au projet ANR RNTL « Perf-RV2 », où l'équipe VENISE est leader du lot 3.4. Dans ce contexte, notre moteur de fusion a migré vers la plateforme logicielle Virtools™. La validation de cette intégration s'appuie sur un scénario industriel élaboré par PSA Peugeot Citroën. Ce scénario vise à définir, à l'aide d'interactions multimodales dans une CAVE™, la cinématique de pose d'un siège arrière dans une chaîne d'assemblage de voitures. La composante reconnaissance de la parole est assurée par la société Vecsys, alors que la modalité gestuelle est gérée au sein du sous-thème « Reconnaissance de gestes en EV » de VENISE (voir détail ci-après).

Sous-thème « Fission multimodale en EV »

M. Ammi, G. Bouyer, Y. Bellik, P. Bourdot, J.-M. Vézien

La multimodalité en sortie est de plus en plus étudiée en RV. Cependant, les recherches qui combinent réellement les trois canaux sensori-moteurs humains (vision, audition, haptique) sont rares. D'une part, ces études sont le plus souvent tournées vers l'IHM (dispositifs « de bureau ») et non vers la RV (dispositifs immersifs). D'autre part, deux approches de l'interaction multimodale en sortie sont possibles en RV. L'une orientée perception, la plus populaire actuellement, vise à rendre chaque feedback le plus réaliste possible pour que l'utilisateur perçoive le monde virtuel comme le monde réel, et qu'il ait une interaction naturelle avec celui-ci. Par conséquent, comme l'être humain perçoit le monde réel à travers tous ses canaux de perception, les périphériques de RV doivent les stimuler aussi fidèlement que possible par rapport aux caractéristiques physiologiques humaines. A l'inverse, il existe une autre approche orientée tâche, où les chercheurs essaient d'exploiter les défauts et les qualités des feedbacks disponibles pour créer des interactions non spécifiquement réalistes mais surtout pertinentes et efficaces pour l'activité de l'utilisateur.

Nos recherches en rendu multimodal suivent l'approche orientée tâche. Nos objectifs sont d'une part, le couplage de plus de deux modalités (en l'occurrence : visuelle, audio et haptique), d'autre part, l'indépendance par rapport à l'application. Nos travaux récents se sont concentrés sur l'amélioration de TOTEM, un moteur à base de règles pour le rendu multimodal en EV. La modélisation du modèle est terminée : pour différents types d'événements, le moteur sélectionne la liste des modalités de sortie possibles et recommandées, en fonction du contexte (utilisateur, disponibilité des medias, sens de l'événement, etc.). Les règles de distribution sont principalement déterminées en adaptant des expériences psychophysiques ou de RV existantes, mais des choix arbitraires sont également pris en compte. Ces règles sont aussi basées sur l'analyse des tâches de certaines applications de VENISE. (CAO, Mécaniques des Fluides, Bioinformatique). Un simulateur du fonctionnement du système complet vient d'être achevé pour valider le bon fonctionnement moteur. Ces résultats ont fait récemment l'objet d'une publication à une conférence internationale (EGVE'07) et s'inscrivent dans le cadre de la thèse que G. Bouyer vient de soutenir. L'intégration de ce moteur au sein de certaines applications de VENISE est en cours dans le cadre du projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRe », projet qui s'intéresse globalement à combiner de façon

multimodale plusieurs rendus sensorimoteurs pour aider à étudier de façon immersive des données scientifiques massives (voir applications 1 et 2, ainsi que les sous-thèmes « Audio 3d en EV » et « Interaction Haptique » du thème 3 ci-dessous).

Publications : [c7], [c6].

Thème Modalités pour l'interaction immersive

M. Ammi, A. Blum, B. Bossard, P. Bourdot, A. Braffort, A. Colin, C. Jacquemin, B. Katz, M. Noisternig, L. Picinali, E. Rio, A. Tarault, D. Touraine, J.-M. Vézien

Le LIMSI développe depuis de nombreuses années des recherches dans le domaine du traitement de la parole (cf. groupe TLP du département CHM). De son côté, le thème 2 de l'action transversale VENISE (cf. section précédente) a acquis une certaine expérience sur l'intégration de systèmes de reconnaissance de la parole pour la mise au point d'interfaces multimodales utilisables en RV&A. En effet, l'un de nos démonstrateurs (LogoMultimodal, voir rapport d'activité précédent) et l'une de nos applications (cf. VRAD, voir application 3) exploitent la parole en entrée, et ce tout particulièrement parce que l'EVserveur, qui a servi au développement de ces logiciels, inclut des solutions pour répondre aux spécificités de l'intégration de cette modalité (datation des événements, latences...). De plus, comme déjà évoqué, nos solutions multimodales en entrée sont en train d'être portées sur une plateforme commerciale de RV (cf. Virtools™) et validées sur une application industrielle (conception de chaîne de montage automobile), tandis que nos solutions multimodales en sortie sont en cours d'intégration sur nos applications scientifiques.

Dans ce contexte, les activités de recherche du thème qui fait l'objet de la présente section, se focalisent sur trois autres modalités fondamentales pour l'interaction immersive multimodale, à savoir : la reconnaissance de gestes, l'audio 3d en sortie et l'interaction l'haptique.

Sous-thème « Reconnaissance de gestes en EV »

A. Braffort, B. Bossard, D. Touraine

Le LIMSI mène des recherches en reconnaissance et interprétation de gestes depuis plusieurs années dans des domaines variés : traduction de messages en langue des signes (LS), interactions multimodales... Concernant la RV, nous avons réalisé un système opérationnel de reconnaissance de gestes en temps réel. Ce système a été implémenté sous la forme d'un module pour la plate-forme EVI3d. Ainsi, toutes les applications élaborées à partir de cette plate-forme peuvent utiliser les interactions gestuelles. Nous avons aussi étudié les aspects communs entre les mécanismes linguistiques mis en œuvre en LS et en interaction gestuelle pour la RV. Cela nous permet d'expérimenter de nouveaux types d'interactions gestuelles pour manipuler des scènes virtuelles. Pour réaliser ces expérimentations, nous adaptons la plate-forme BIS (reconnaissance automatique de gestes bimanuels conçue pour la LS) au domaine de la RV. Ce nouveau système (basé sur les modules de reconnaissance conçus pour la plate-forme EVI3d) permet de combiner les gestes mono et bimanuels, et offre la possibilité de détecter les relations spatiales et temporelles entre les mains (par exemple, on peut exprimer avec les deux mains qu'un objet est à la gauche d'un autre) [t1].

Ces travaux sur la reconnaissance de gestes bimanuels en RV sont au cœur de la seconde contribution du LIMSI-CNRS au projet ANR RNTL « Perf-RV2 », où l'équipe VENISE est cette fois partenaire du lot 3.2. Dans ce contexte, le système de reconnaissance a donc été réimplémenté sur la plateforme logicielle Virtools™, d'une part avec un nouveau périphérique de capture de gestes (cf. FingerTracking à 3 doigts de ARTrack), d'autre part sur la base du recueil d'un corpus dédié au scénario industriel élaboré par PSA Peugeot Citroën (déjà évoqué précédemment).

Sous-thème « Audio 3d en EV »

A. Blum, P. Bourdot, C. Jacquemin, B. Katz, M. Noisternig, L. Picinali, E. Rio, A. Tarault, J.-M. Vézien

Les recherches sur la modalité audio ont débuté en 2003 dans VENISE, avec comme objectif l'utilisation du rendu audio au-delà des simples messages alertes et de rendu d'ambiances sonores. La capacité humaine de localisation dans l'espace des sources sonores et de séparation de flux audio multiples, ainsi que la perception de paramètres simultanés (position, hauteur, timbre, rythme) permet d'appliquer le rendu audio

spatialisé à des situations plus complexes. Ce travail a été initialement centré autour de l'intégration de la bibliothèque audio de spatialisation *Spat* (développée à l'IRCAM, dans l'environnement logiciel Max/MSP) dans la plate-forme EVI3d (cf. démonstrateur Samson) et dans le logiciel VirChor (voir sous-thème « Langage de description de scènes et humains virtuels » du thème 5). Sur la plate-forme EVI3d, le démonstrateur Samson vise à présenter la richesse des retours sensori-moteurs disponibles en environnement immersif et met en exergue les feedbacks audio 3d et vibro-tactile. Concernant la modalité audio, les objets sont pourvus d'une spatialisation sonore avec ou sans objet visuel, et peuvent par exemple être repérés à l'écoute, lorsqu'ils sont situés hors de la vue de l'utilisateur. Ce son spatialisé est restitué en temps réel à l'utilisateur via un système binaural, au casque.

Dans VENISE, les recherches en audio 3d pour la RV&A sont à la fois fondamentales et applicatives. Les actions majeures sont mentionnées ici, avec certains aspects plus détaillés dans d'autres thèmes ou applications.

Rendu audio 3d

Le rendu audio 3d est fait soit via un casque (rendu binaural) soit via un réseau d'haut-parleurs (rendu ambisonic). Pour les systèmes immersifs, les deux approches ont leur place et leurs avantages que nous essayons d'exploiter. Pour le rendu binaural, nous avons commencé par l'adaptation et le développement d'extensions spécifiques sur la bibliothèque *Spat* (déjà évoquée ci-dessus), d'une part pour inclure la gestion multi-utilisateurs, d'autre part pour permettre l'adaptation du rendu à différentes morphologies humaines de sorte à optimiser la précision de localisation. Depuis, nous avons développé notre propre moteur de rendu audio 3d plus performant que *Spat*. Ce moteur, appelé LSE (LIMSI Spatialization Engine), sera utilisé comme plateforme de recherche et développement pour le rendu binaural dans nos applications RV&A. Les études en cours incluent la gestion de rendus audio 3d très proches de l'utilisateur, l'adaptation à sa morphologie, et le rendu d'un grand nombre des sources sonores.

VENISE a aussi développé un système ambisonic pour un rendu audio de scènes audio 3d par réseau d'haut-parleurs. Cette option de rendu non individualisé est orientée vers un contexte multi-utilisateur ou audience large, similaire au rendu stéréoscopique sans suivi d'utilisateur dans le domaine visuel. Ce système, déjà opérationnel, est utilisé dans les travaux « Téléprésence auditive » et « Audification/Sonification » détaillés ci-dessous, ainsi que pour l'application « Virtualité, Interaction Design, et Art ».

Téléprésence auditive

En conjonction avec les travaux menés sur l'interface SACARI (cf. application 4 « Réalité Augmentée pour la conduite à distance ») nous avons comparé un rendu binaural et un rendu Ambisonic pour une tâche donnée. En effet, la vision a une précision très élevée en perception frontale, une précision non optimale en limite de champ visuel, et inexistante quand les objets sont hors champ visuel. Or, pour une tâche de téléopération, une perception globale de l'environnement est importante. Dans l'interface SACARI, le champ de perception visuelle du monde réel (via une incrustation temps réel d'une stéréovision vidéo) est très limité dans l'environnement immersif. La téléprésence auditive est donc utile pour mieux comprendre les événements hors champ visuel, et peut guider l'attention de l'utilisateur vers des dangers potentiels. Notons qu'une grande précision dans la localisation auditive n'est pas nécessaire pour ce type de tâche, puisqu'une fois l'événement audio émis, c'est la modalité visuelle qui est supposée prendre le relais. Ces travaux, qui ont fait l'objet d'une communication à AES'07, montrent, dans le contexte du dispositif expérimental de téléprésence construit, que la perception audio 3d d'un événement hors champ visuel est plus performante en présence d'une capture binaurale.

Son 3d pour les recherches cognitives

Un effort conséquent de recherche a par ailleurs été porté sur le développement d'un environnement audio immersif de RV pour des études en Sciences Cognitives sur la perception mentale de l'espace. Ces travaux sont présentés dans le sous-thème « RV & cognition » du thème 6.

Audification/Sonification

Indépendamment des études autour du rendu spatialisé, nous sommes concernés par l'utilisation de la modalité auditive dans des systèmes immersifs pour communiquer efficacement des informations à l'utilisateur au-delà de la simple alerte sonore. Cet aspect concerne actuellement deux applications de

VENISE (cf. applications 1 et 2 ci-après) liées au projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE ». Notre travail vise le rendu de données complexes et interactives par l'audio, aussi appelée sonification. Bien que moins précise dans l'espace que la modalité visuelle, la modalité audio présente un champ spatial beaucoup plus grand et les problèmes relatifs aux occultations y sont très différents. Ces contrastes entre audition et vision offrent des possibilités pour des interprétations très variées de la même donnée brute. Les travaux en cours sont focalisés sur l'apport de l'audio pour des tâches d'exploration de données. Dans l'application 1 « Réalité Virtuelle pour la Mécanique des Fluides », nos recherches sont centrées autour des méthodes d'audification de plusieurs flux de données répartis dans l'espace, qui sont les résultats des simulations numériques d'écoulements instationnaires. Pour l'instant, nos efforts rendent possible le choix du point d'écoute, de la nature des données de simulation étudiées et de plusieurs méthodes d'audification : modification de la hauteur par vocodeurs de phase ou méthode PSOLA, ainsi que modulation de fréquence pour la transformation de données dans le spectre auditif humain. Dans l'application 2 « Réalité Virtuelle et Bioinformatique » nos recherches se focalisent plutôt sur des aspects interactifs pour étudier l'apport d'audio pour l'exploration de solutions de docking guidée par le geste avec un rendu audio ou audio/visuel.

Sources virtuelles

Dans le monde réel, les sources sonores émettent l'énergie acoustique de manière non homogène, que ce soit spatialement ou du point de vue fréquentiel. Dans les environnements virtuels, il importe de retrouver les mêmes propriétés, soit par souci de réalisme, soit pour avoir les mêmes conditions perceptives que dans le monde réel. En partie motivés par le projet « Tête Parlante » (voir thème 5, sous-thème « Langage de description de scènes et humains virtuels » et aussi application 5), nos travaux se sont focalisés sur la synthèse de parole spatialisée. Ils consistent à mener une recherche fondamentale autour des patrons de rayonnement acoustique des objets (ici la voix parlée et aussi la voix chantée) et à étudier des méthodes applicatives pour intégrer proprement ces aspects dans des scènes audio virtuelles ou augmentées.

Publications : [c24], [c25], [c26], [c30], [c29].

Sous-thème « Interaction Haptique »

M. Ammi, P. Bourdot, F. Picon, P. H. Pham (doctorant IIT en cotutelle), N. Fauvet, B. A. J. Ménélas, A. Drif (postdoc EBG-ISM)

L'objectif de ce thème, à long terme, est de définir une méthodologie d'intégration de la modalité haptique dans les différents domaines applicatifs, scientifiques ou industriels. Cette démarche devrait guider les décisions et choix de conception depuis le cahier de charge à l'implémentation effective du système. Dans ce but, la thématique « Interaction Haptique » se structure actuellement en quatre volets détaillés ci-dessous.

Interaction haptique pour la Conception Assistée par Ordinateur

Bien au-delà d'une simple intégration l'interaction haptique sur des objets déjà modélisés (cf. interface Virtuouse-HAPTION / Catia-DS du projet Rivage pour le prototypage d'assemblage), il s'agit dans ce volet d'imaginer et de formaliser des stratégies pertinentes pour assister l'utilisateur dans l'édition d'objets CAO, à savoir : la sélection, la création et la modification de formes. Cette problématique est développée dans le contexte général de nos travaux sur l'intégration RV-CAO (voir application 3) et est au cœur des travaux de thèse que *F. Picon* a débutée en septembre 2006 après son Master Recherche. Durant cette première année de thèse, les travaux se sont focalisés sur l'étape de sélection haptiquement assistée. Pour cela un ensemble de stratégies de sélection adaptées aux différentes contraintes des modèles CAO ont été proposées. Ces techniques reposent d'une part sur un modèle de force générique [c32] et d'autre part sur un ensemble de fonction de sélections adaptées aux différents cas topologiques dont les résultats viennent d'être acceptés pour publication dans IEEE VR 2008. Fort de ces résultats, les travaux vont donc maintenant se poursuivre sur l'intégration de l'interaction haptique dans les processus de modification de formes.

Perception et Interaction haptique avec les masses de données scientifiques

Ce second volet est directement lié aux deux applications scientifiques visées par le projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE » déjà évoqué précédemment, à savoir : Mécanique des Fluides et docking de protéines en Bioinformatique.

Pour la Mécanique des Fluides, un ensemble de stratégies de perception haptique a donc été adapté et implémenté. Ces techniques portent à la fois sur des approches surfacique et volumique au moyen de différentes métaphores (épistémique, magnétique, etc.). Les résultats d'une série d'expérimentations psychophysiques mettent en avant l'efficacité de l'approche volumique non seulement en terme de qualité de rendu haptique, mais également en terme de gain de ressources de calcul [c10]. Des travaux complémentaires ont été engagés pour corriger et adapter l'approche retenue au cas des données rencontrées en Mécanique des Fluides (fortes variations de gradients). La solution étudiée consiste à coupler la représentation haptique volumique avec une technique permettant de remédier à la discrétisation temporelle en détection de collision. Cette partie a fait l'objet du stage de Master Recherche de B. Ménélas, inscrit en thèse depuis septembre 2007 sur la problématique des « Feedbacks multimodaux en RV pour le rendu de données massives et abstraites ».

Pour l'intégration de l'haptique au docking de protéines, l'EBGM-ISERM et le LIMSI-CNRS, dans le cadre de leur partenariat au sein du projet CoRSAIRE, ont recruté, depuis septembre 2007 et pour un an, A. Drif. L'introduction de la modalité haptique dans cette application a pour objectif de proposer un ensemble de solutions, en adéquation avec les autres retours informatifs, pour assister un expert dans la recherche des sites de docking les plus pertinents, afin de réduire les configurations à tester en amont des calculs de docking. Une fois les sites de docking générés, la modalité haptique permettra à l'expert d'identifier le site de docking le plus pertinent (voir application 2).

Interaction haptique pour la Télé-opération Assistée par Ordinateur

Un des problèmes majeurs en télé-opération est l'interaction avec des environnements présentant une dynamique différente de celle de l'opérateur (Micro/Nano-environnement, Milieu sous-marin, etc.). L'objectif de ce troisième volet est de formaliser explicitement une méthode d'élaboration et d'intégration des mécanismes des couplages action/perception, dans les chaînes de télé-opération, pour ce type d'environnements [c4], [c5]. L'approche étudiée actuellement repose sur la décomposition des informations dérivant d'une dynamique différente (abstraite, complexe), pour les projeter sur des dimensions haptiques pertinentes. Cette démarche repose, d'une part sur une analyse du travail des opérateurs pour extraire les éléments et données utiles aux tâches réalisées, et d'autre part sur des études psychophysiques pour trouver les projections haptiques optimales. Ce troisième volet fait l'objet d'une collaboration internationale entre l'équipe VENISE et l'IIT²⁹ (Italie). Ces travaux de recherche sont pris en charge par P. H. Phong^{30 31}. Le début de ses travaux a concerné la formalisation de la démarche globale. Actuellement, il commence la mise en place de ces approches sur un simulateur basé Matlab.

Interaction haptique dans les environnements partagés

Ce quatrième volet, en émergence, a fait l'objet de plusieurs dépôts de projets cette année. Tout d'abord, il concerne la partie haptique du projet DIGITEO « SIMCoD » déjà évoqué dans la section introduction du rapport d'activité de VENISE. Il a reçu un soutien financier par le BQR de l'Université Paris-Sud 11. Ce projet concerne l'interaction haptique synchrone sur des modèles numériques partagés (réponse en septembre 2007). Enfin, et sous la sollicitation du LRPE³² (Algérie), nous avons élaboré un projet de coopération sur la mise en place d'une plate-forme expérimentale de téléformation à l'assemblage de pièces mécaniques. Ce projet a été proposé en mai 2007 à la labellisation PHC³³ à travers la procédure « Tassili ».

Thème Mise en correspondance des mondes réels et virtuels

P. Bourdot, R. Gherbi, O. Magneau, A. Tarault, J.-M. Vézien

Sous-thème « Optimisation des systèmes IR de suivi 3d »

O. Magneau, R. Gherbi, P. Bourdot

Les applications en environnement virtuel nécessitent la connaissance de la position et de l'orientation des utilisateurs afin de rendre possible l'interaction intuitive, comme par exemple pour la stéréoscopie

²⁹ Italian Institute of Technology

³⁰ Doctorant en cotutelle entre l'Université de Gênes (Italie) et l'Université de Paris-Sud 11 depuis janvier 2007

³¹ Bourse IIT/Université de Gênes

³² Laboratoire Robotique Parallélisme Electroénergétique / l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene

adaptative, le calcul, la commande de navigation ou l'interaction gestuelle. Les recherches menées dans ce contexte abordent la problématique du suivi par le biais d'un dispositif capture infrarouge (IR) qui offre une solution évitant l'existence d'un lien physique entre utilisateur et dispositif.

L'originalité de notre approche réside dans le traitement efficace de l'occultation des marqueurs. En effet, durant une acquisition, plusieurs marqueurs peuvent être occultés par les utilisateurs du fait qu'on contraint le dispositif pour limiter le nombre de caméras IR. La solution consiste essentiellement à réduire les effets d'occultation par une distribution optimale des marqueurs sur les utilisateurs. Par ailleurs, un algorithme rapide et robuste d'identification de marqueurs a été implémenté. L'approche globale est basée sur l'association de la distribution de marqueurs avec leur identification, afin d'optimiser le nombre de marqueurs visibles.

Ces travaux ont fait l'objet durant la période de ce rapport d'activité d'une publication en revue [a1].

Sous-thème « Interface en Réalité Augmentée »

A. Tarault, J.-M. Vézien, P. Bourdot, B. Katz

Cette étude est motivée par la recherche de la meilleure interface pour la supervision à distance d'un véhicule semi-autonome, comme décrit dans l'application 4. Beaucoup d'applications dans le domaine de la réalité virtuelle et augmentée (RV&A) ont choisi d'enrichir la modalité vidéo (issues de capteurs dans l'environnement réel) en lui superposant des objets 3d virtuels. Nous avons choisi l'approche contraire, qui consiste à enrichir un monde 3d virtuel rassemblant toutes les informations utiles à la conduite, avec une « fenêtre visuelle sur le monde », qui permet de percevoir les objets dynamiques et non prévisibles, tels que piétons, voitures, et autres dangers. A l'heure actuelle, les deux flux virtuels et réels sont en voie d'intégration. Notre application permet notamment de coupler les mouvements de tête de l'utilisateur dans le « poste de pilotage » immersif avec ceux d'une caméra stéréoscopique embarquée dans le véhicule, tout en plaçant cette fenêtre sur le monde en permanence dans son champs de vision. Le but est ici d'optimiser la sensation de présence pour rendre naturelle une opération de conduite distante.

Par ailleurs, plusieurs évolutions ont été apportées à notre plateforme de RA développée sous ^{RT}Maps. Tout d'abord, nous avons intégré le système de tracking visuel de OSGART, une surcouche aux bibliothèques ARToolkit et OpenSceneGraph. Ainsi le flux vidéo est recalé sur une modélisation virtuelle de la scène distante. Ensuite, afin de minimiser la gêne perceptuelle due aux distorsions visuelles présentes à la périphérie des images vidéo, nous avons introduit un masque de transparence gaussien. Cette solution, a aussi l'avantage de supprimer la prégnance visuelle des bords de l'image issue du flux vidéo dans la scène virtuelle. Enfin, comme évoqué dans sous-thème « Audio 3d en EV » du thème 3, cette plateforme intègre maintenant un flux audio issu du monde réel de sorte à compléter la perception visuelle, tandis qu'une extension à la modalité haptique est à l'étude.

Au-delà de l'avancement de ces travaux, ce thème a contribué à l'animation de WG 2.2 « Augmented Reality » du NoE INTUITION où *J.-M. Vézien* a en particulier présenté un tour d'horizon sur les techniques de recalage réel/virtuel ainsi que des scénarios de recherche à long terme.

Publications : [c33], [c34].

Thème Gestion de données et description de scènes complexes

L. Bolot, P. Bourdot, A. Braffort, T. Convard, N. Fauvet, N. Ferey, R. Gherbi, J. Hérisson, C. Jacquemin, B. Katz, J.-C. Martin, B. Ménélas, A. Muzy (SPE), J.-P. Sansonnet, J.-M. Vézien

Sous-thème « Niveau de détails dynamiques »

N. Fauvet, P. Bourdot, J.-M. Vézien

Au vu des besoins en rendus graphiques complexes (stéréoscopiques) des applications de RV, les niveaux de détails ou LoDs (Level of Details) sont exploités pour réduire dynamiquement le nombre de polygones des scènes virtuelles, et par conséquent permettre leur affichage en temps réel. Spécifiquement, notre utilisation

des LoDs tient compte de ce qui intéresse à un instant donné l'utilisateur dans sa perception de l'environnement 3d. Le niveau du rendu d'un ensemble de polygones est ainsi choisi en considérant la distance à l'utilisateur, couplée à une variation du niveau de détail qui dépend de sa déviation radiale par rapport à la direction du regard de l'utilisateur. Par conséquent, des détails plus fins seront perçus sur les données proches de l'utilisateur, mais avec une définition moins fine sur les objets situés en vision périphérique. Cet usage des LoDs est particulièrement approprié aux applications de RV où l'utilisateur ne perçoit pas les données par le biais de fenêtres réduites sur un écran d'ordinateur, mais est immergé et peut appréhender tout ce qui l'entoure avec un vaste champ de vue.

Pour ce qui concerne les applications en Mécanique des Fluides, nous utilisons les LoDs dynamiques pour effectuer l'extraction dynamique d'isosurface (dépendant du point de vue), en s'appuyant sur une structure adaptée aux représentations volumétriques, décrite dans la section suivante. Nous avons choisi un algorithme dérivé de l'approche dite de « chain-gang », qui permet de calculer les raccords des différents LoDs d'une isosurface efficacement et en temps réel. Cette approche s'est avérée être assez féconde, mais n'a pas résolu toutes les incohérences topologiques qui pourraient se produire entre des zones de LoDs différents, de sorte cette recherche n'est pas encore finalisée. Nous étudions également des techniques alternatives qui n'exploitent pas une représentation polygonale de type isosurface, tels que le rendu par point ou le rendu volumique, pour réduire encore de façon pertinente la masse de données à afficher en situation immersive.

Sous-thème « Gestion de données massives »

N. Fauvet, A. Muzy, P. Bourdot, J.-M. Vézien, N. Ferey, R. Gherbi, P.-E. Gros, S. Boivin (INRIA)

La visualisation scientifique soulève souvent des problèmes de gestion de données massives, aboutissant généralement à un large dépassement des capacités de mémoire de nos ordinateurs actuels. Par exemple, les simulations en Mécanique des Fluides génèrent des données 3d colossales telles que les champs 3d de vecteurs de vitesse. La plupart du temps, ces champs nécessitent d'être représentés dans leur intégralité, afin de comprendre les phénomènes qui se produisent, mais aussi en raison de la nécessité inhérente à la RV de gérer la totalité de la scène 3d puisque la visualisation immersive ne se limite pas à un écran d'ordinateur.

Les techniques simplistes visant à charger la totalité des données, à construire une représentation 3d complète de cette masse de données et à effectuer le rendu de chaque élément de cette représentation sont inutiles voire impossibles à réaliser dans certains cas du fait même de la taille du volume de données à traiter. Dans ce contexte, les solutions possibles pour gérer de tels volumes de données aboutissent : soit au chargement global des données mais à une basse résolution (ce qui permet de garder le volume original et sa représentation 3d en mémoire), soit au chargement complet du volume initial de données mais en utilisant des techniques spéciales pour réduire sa représentation 3d en mémoire.

C'est vers cette deuxième approche que se sont portés nos travaux pour l'exploration immersive en Mécanique des Fluides (voir application 1). Pour ce faire, nous avons conçu une structure hiérarchique légère de partitionnement spatial des données à analyser. Il s'agit d'un arbre à base de boîtes englobantes calé sur le maillage 3d des données, arbre dont chaque cellule possède des informations de connectivité sur ses cellules adjacentes. Ceci nous offre la possibilité d'exécuter un « frustum culling » pour éliminer très tôt une grande partie des données, puis d'appliquer les techniques de LoDs dynamiques précédemment décrites sur les données restantes. Ainsi, on ne traite qu'un nombre relativement faible de polygones en mémoire avant d'afficher la scène. Par ailleurs, nous développons une autre méthode basée sur une compression par « ondelettes » des données directement issues des calculs de simulation de Mécanique des Fluides. La décompression des données se fera à la volée sur les parties utiles à l'observation, diminuant ainsi l'impact des données originales en mémoire. Afin de réaliser cette opération en temps réel, nous cherchons activement une manière d'exécuter sur les cartes graphiques GPU la décompression 3d locale de la représentation par « ondelettes ».

Dans le contexte du stage post-doctoral d'A. Muzy, nous nous sommes également servis d'une partie de ces techniques pour la gestion des données massives relatives à la représentation de terrain, de feu et de végétation. Le but était le développement d'une première plate-forme de visualisation des expérimentations et des simulations de risques, appliquée au problème des incendies. Parmi les phénomènes naturels complexes se produisant à grande échelle, la propagation de feu peut être en effet considérée comme un des plus difficiles à étudier. La compréhension de ce phénomène et de ses conséquences à grande échelle est un

défi pour des scientifiques de nombreuses disciplines (physique, génie informatique, mathématiques, biologie, etc...). Cette étude fera l'objet d'un dépôt de projet en 2007 en relation avec les travaux en cours de S. Boivin (chercheur INRIA Lille mis à disposition au sein de l'équipe) sur le rendu visuel réaliste des phénomènes de combustion.

Enfin, d'autres approches ont aussi été menées sur la gestion de données massives dans le cadre de l'application de la RV à la Bioinformatique (voir application 2).

Publications : [c31]

Sous-thème « Compression de données pour cluster graphique »

T. Convard, P. Bourdot

Afin de réduire les besoins en bande passante de la bibliothèque DRS (voir thème 1, paragraphe « Rendu sur grappe de PCs pour les applications en RV&A »), la géométrie des maillages est compressée par le nœud maître avant d'être distribuée, et les nœuds esclaves doivent décompresser ces données pour d'effectuer le rendu. Afin d'obtenir une réelle optimisation, le temps cumulé de la compression des données du maillage, de l'envoi des données compressées et de décompression doit être inférieur au temps nécessaire à l'envoi des données non compressées. Des méthodes de compression et de décompression extrêmement rapides, sans étape de précalcul, sont donc nécessaires. Par exemple dans le cas de la conception de formes, les objets sont créés en temps réels et le précalcul de structures de données complexes est hors de question. Cette contrainte empêche l'utilisation d'algorithmes de compression sophistiqués pour lesquels le calcul d'un graphe de connectivité du maillage est prérequis.

Dans DRS, les données des sommets des maillages (coordonnées, normales, couleurs...) sont compressées selon une approche de quantification, autorisant un ratio de compression de 1/3 en temps réel. La connectivité (les triangles) des maillages est compressée avec la génération de primitives de type *triangles strips* (rubans de triangles), offrant aussi un ratio de compression de 1/3 en temps réel.

Les bénéfices de la compression de la géométrie sont dépendants de la vitesse de calcul du processeur et de la bande passante du réseau : La vitesse du CPU détermine les temps de compression et de décompression alors que la vitesse du réseau détermine les temps de transfert. Les résultats sont concluants et pourraient encore être améliorés en utilisant de la programmation bas niveau en assembleur pour l'implémentation des algorithmes de décompression et de compression.

Publication : [c9]

Sous-thème « Langage de description de scènes et humains virtuels³⁴ »

C. Jacquemin, R. Ajaj, C d'Alessandro, L. Bolot, A. Braffort, B. Katz, S. Le Beux, J.-C. Martin, A. Rillard, J.-P. Sansonnet, C. Verrecchia, J.-M. Vézien

Le groupe de travail sur le langage de description de scènes et les humains virtuels a commencé en 2004 afin de combiner les efforts de recherche sur les langages et les visualiseurs 3d sur les scènes interactives et les humains virtuels. L'activité du groupe s'est d'abord focalisée sur les langages pour la description de scènes 3d. Les réunions de groupe ont consisté en des présentations de combinaisons de scènes virtuelles et de rendu immersif. Les discussions scientifiques de ce groupe ont fortement influencé les développements de VirChor³⁵ (Virtual Choreographer) décrit ci-dessous.

En 2005, les réunions du groupe se sont focalisées sur les humains virtuels et sur leurs applications. Puisque de nombreuses activités de recherche au LIMSI portent sur la communication homme machine, il nous est nécessaire de développer des langages de modélisation et de rendu d'humains virtuels qui s'appliquent à l'éducation, au jeu, à l'animation pour la génération automatique de la langage des signes [i5], les usines et les bureaux virtuels, le travail collaboratif...

Les activités de ce groupe de travail ont contribué à la convergence des applications qui requièrent la modélisation de scènes et des agents virtuels. Un groupe de travail sur les *Têtes parlantes*, a été créé en juin

³⁴ Les rapports sur ces travaux sont disponibles sur : <http://perso.limsi.fr/jacquemi/VENISE/>.

par J.-C. Martin avec le support du laboratoire au travers d'une Action Incitative (2004-2005), puis d'une Action Sur Programme depuis 2005. Cette action fédère dans un cadre unifié le travail scientifique réalisé au laboratoire sur la synthèse de la parole expressive et spatialisée, la modélisation du dialogue, les systèmes Q&A (Questions Réponses), l'animation 3d interactive et les agents virtuels [c30, c29]. Elle est décrite dans le thème *Agents Conversationnels Animés* du groupe AMI.

La plupart des modélisateurs 3d sont dédiés à la création de contenus pré-calculés (création de rendus graphiques animés). Le projet VirChor est un effort pour la création et la gestion de contenus interactifs qui combinent l'audio et le graphisme 3d interactif. VirChor repose sur des descriptions XML et implémente un passage de message entre l'utilisateur et les objets 3d ou entre les objets 3d et le monde virtuel. Les comportements autonomes, l'animation ainsi que des interpolateurs génériques sont disponibles afin de créer rapidement des grandes variétés de contenus dans les applications de RV. L'ouverture de l'outil sur la communication réseau permet le rendu collaboratif avec de nombreuses applications tierces telles que Java, Python, Perl, et les outils MAX/MSP et PureData pour la gestion des environnements interactifs dans le spectacle vivant et la musique.

VirChor sert actuellement de plate-forme de développement dans plusieurs projets dans lesquels se trouve engagé le LIMSI : les projets ANR de visualisation WebContent et SEVEN [d5], les projets d'environnements audio-graphiques spatialisés cohérents Plumage en collaboration avec l'ENSCI et Monthey/2004 en collaboration avec le CICM de l'Université Paris 8 [c14, c18], les installations artistiques immersives à SIART, Artcore et Lyon Lumières 2006 avec le plasticien Bertrand Planes [w7, c23], les pièces de théâtre Espaces Indicibles 2007 et La Pluralité des Mondes 2006 avec la Compagnie Incidents Mémorables [a4, o5], et la réalité augmentée audio dans le cadre du projet ANR SoundDelta. Les statistiques d'accès au dépôt des sources et de la documentation de VirChor sur le site de SourceForge montrent une nette progression des accès depuis la mise en ligne de ce projet en 2004.

Thème Paradigmes et métaphores, aspects cognitifs et usages

A. Afonso, A. Blum, P. Bourdot, T. Convard, M. Denis, J. Hérisson, C. Jacquemin, B. Katz, A. Tarault, W. Turner, J.-M. Vézien, D. Touraine

Sous-thème « Navigation virtuelle »

D. Touraine, P. Bourdot, J.-M. Vézien

Les rendus des différentes modalités en RV peuvent être dédiés à un utilisateur particulier (par exemple dans une tâche de conception) ou à un plus grand public (analyse collaborative de données). La gestion efficace et simultanée des deux situations a mené à l'implémentation de la métaphore dite de « véhicule », qui peut embarquer un ou plusieurs utilisateurs, tandis que les propriétés de rendu restent spécifiques à chacun d'eux. De plus, un système de contrôle de navigation employant un traqueur 6DDL a été conçu et développé. Les deux fonctionnalités font partie d'un module logiciel appelé HCnav. Ce système de navigation virtuel peut être appliqué au mouvement de la tête ou de la main de l'utilisateur. Des évaluations psychophysiques ont montré que la commande main-libre de navigation, proposée dans le module de HCnav, semble être, dans certaines conditions de navigation, une alternative plus efficace que le pilotage par la main.

Sous-thème « Métaphore de conduite pour des véhicules dotés d'autonomie »

A. Tarault, P. Bourdot, J.-M. Vézien

Pour commander un véhicule à distance, le premier problème consiste à choisir la métaphore de conduite appropriée, en fonction du degré d'autonomie dont dispose ce véhicule dans une situation donnée. Ainsi nous avons développé un simulateur permettant de tester différents moyens pour commander à distance la navigation d'un véhicule. Celui que nous avons retenu permet à un utilisateur distant de conduire un véhicule de deux manières : il peut soit spécifier un but à atteindre par le véhicule de façon autonome, avec un horizon temporel de dix secondes, ou bien il peut lui-même piloter le véhicule à la façon d'un conducteur habituel.

Nous avons conçu un périphérique qui permet de commuter facilement entre ces deux modes : appelé SkyBall, il consiste en une TrackBall associée à un dispositif de localisation 3d en temps réel. Seuls les 3 degrés de liberté correspondant aux rotations sont employés pour commander le véhicule. L'élévation permet de commander la vitesse en mode de conduite distante et la distance au but dans le mode supervision. L'angle d'azimut commande l'angle du "volant" virtuel en mode conduite et l'angle entre l'orientation courante du véhicule et le vecteur le reliant au but dans le mode autonome. Enfin, l'angle de tangage est utilisé seulement en supervision, et commande l'orientation finale du véhicule à la fin du segment de conduite.

Ce travail est en lien avec l'application 4 et fait partie de la thèse qu'A. Tarault va bientôt soutenir.

Publication : [c33].

Sous-thème « Détection de collisions pour l'interaction en EV »

T. Convard, P. Bourdot

Dans le contexte de nos travaux sur les techniques d'interaction pour des activités de conception de formes en EV, une tâche importante est la sélection d'entités géométriques avec une interaction directe de l'utilisateur. Cette tâche requiert une détection 3d temps réel des intersections possibles entre un avatar contrôlé par l'utilisateur et les objets de la scène. Dans ce contexte, nos besoins sont totalement différents de ce qu'on peut trouver dans d'autres applications en EV où la détection de collisions sert une simulation dynamique. Par exemple, nous n'avons pas besoin de points de contact, normales ou de distances d'interpénétration. Toutefois, nous devons gérer une gamme étendue d'objets géométriques : points, courbes, surfaces et solides.

Notre méthode est basée sur l'accélération matérielle offerte par les cartes graphiques et proposée par la bibliothèque logicielle OpenGL. Le principe de cette technique est d'approximer l'avatar 3d par un volume de vision d'OpenGL, ce qui est facilité par l'utilisation de plans de *clipping* additionnels, et ensuite d'effectuer des requêtes de visibilité sur les objets de la scène en lisant le contenu du *framebuffer*. Ce système nous permet de gérer toutes les entités géométriques de la même façon. De plus, nous pouvons spécifier une « épaisseur » pour les points et les lignes en OpenGL, ce qui nous permet d'implémenter un *snapping* 3d (aimanter) de manière élégante. De façon à accélérer le processus, des tests sur des hiérarchies de boîtes englobantes sont effectués en amont.

En conclusion, nous avons proposé une méthode pratique pour la détection de collision entre objets 3d pour l'interaction. Cette technique a été employée avec succès dans une application de conception de formes en EV (voir application 3).

Publications : [c8]

Sous-thème « Travail collaboratif et usages »

C. Toffano-Nioche, J. Herisson, N. Ferey, W. Turner

La sociologie des sciences et des techniques permet d'étudier l'usage d'environnements de RV, en particulier en Biologie. Le travail collaboratif que rend possible l'application immersive ADN-Viewer (voir application 2) se prête particulièrement bien à ce type d'étude. Elle met en scène un « innovateur » qui, dans le cas étudié, est un biologiste désireux de comprendre les caractéristiques génomiques des îlots de pathogénicité d'une bactérie entérohémorragique, en comparant la représentation 3d du chromosome d'une bactérie pathogène avec celle d'une bactérie de référence non-entérohémorragique.

Nos analyses ont cherché à identifier les sources d'incertitude associées à l'usage de la modélisation informatique et à suivre les efforts du biologiste-innovateur pour les éliminer. Deux observations retiennent plus particulièrement l'attention : la première concerne le degré de fiabilité des informations et des données provenant de la modélisation. Avant d'avoir pu formuler des hypothèses scientifiquement intéressantes, la modélisation informatique a dû être enrichie pour permettre la mise en oeuvre du projet comparatif. Le fruit de cette collaboration biologie/informatique a été de nouvelles métriques pour visualiser, à des échelles variables, les propriétés génomiques identiques des deux souches bactériennes étudiées. Un deuxième travail collaboratif a eu lieu entre biologistes et bioinformaticiens pour déterminer ce qui constitue une

caractérisation scientifiquement valable des îlots de pathogénicité en RV. Ce travail a nécessité la définition collective d'un protocole de lecture leur permettant de donner sens à la représentation 3d et la mise au point d'une procédure d'interprétation faisant appel aux données factuelles connues et issues de la biologie « classique ». L'objectif est de mieux comprendre et gérer les dynamiques de l'innovation scientifique dans l'environnement collaboratif développé par l'action transversale VENISE, analyses qui viennent juste de commencer.

Sous-thème « RV & cognition »

M. Denis, A. Afonso, A. Blum, C. Jacquemin, B. Katz

La RV offre un ensemble de plateformes exceptionnelles au service de la recherche interdisciplinaire, en particulier dans l'investigation de la cognition et du comportement chez l'homme. Des situations expérimentales originales permettant d'étudier les processus mentaux engendrés par les environnements virtuels ont été créées au cours des dernières années. La stratégie du LIMSI s'appuie sur la conviction que le développement technologique des outils de RV doit inspirer les chercheurs en sciences cognitives et comportementales. Les collaborations internes au laboratoire et à l'extérieur de celui-ci visent à démontrer la capacité de la RV à servir les objectifs des sciences cognitives.

Ce thème a été mis en place en janvier 2005 sous la responsabilité de M. Denis au sein du Groupe PS du LIMSI. Il consiste à veiller à ce que les ressources technologiques avancées en matière de RV au LIMSI inspirent la recherche cognitive et comportementale. Dans le cadre de la thèse de A. Afonso une première investigation a été consacrée aux processus par lesquels les individus construisent des connaissances spatiales au sein d'un environnement virtuel 3d. Afin de rendre compte du rôle de la vision dans ce type de situation, des personnes aveugles et des personnes voyantes ayant les yeux bandés ont été examinées. Les participants étaient invités à reconstruire un environnement spatial contenant plusieurs sources sonores à l'aide d'un pointeur 3d. Des mesures de similarité entre l'environnement original et l'environnement reconstruit ont révélé que l'apprentissage impliquant une exploration active permettait aux participants d'effectuer ensuite des estimations de distances plus exactes que l'apprentissage d'une description verbale. Dans une tâche d'exploration mentale, une corrélation entre les distances et les temps d'exploration – qui reflète de manière classique le caractère analogique de la représentation construite – a été observée dans les deux conditions d'apprentissage, mais de façon plus marquée et avec des temps plus courts après l'apprentissage verbal. Cette recherche connaît une extension depuis avril 2005 en relation avec le projet STREP « Wayfinding » de l'Union Européenne. Ce travail porte sur le rôle des mouvements de la tête et sur l'impact de la réverbération dans la navigation en l'absence de vision.

D'autres activités du thème « RV et Cognition » consistent en l'organisation de séminaires où sont invités des spécialistes de la communauté RV intéressés par l'utilisation des outils de RV dans l'étude des questions cognitives.

Publications : [w1], [c2], [c1]

Recherches appliquées

Application 1 « Réalité Virtuelle pour la Mécanique des Fluides »

J.-M. Vézien, N. Fauvet, F. Lusseyran, P. Bourdot, M. Ammi, B. Ménélas, B. Katz

Beaucoup de domaines scientifiques produisent de façon routinière des ensembles de données massifs dont l'analyse exige une part d'interaction humaine pour concentrer les études sur les phénomènes intéressants : on peut citer la génomique, la dynamique des fluides (CFD), la météorologie ou la prospection pétrolière. La visualisation scientifique tirerait un bénéfice considérable des possibilités interactives offertes par la RV, en immergeant l'utilisateur dans une représentation 3d à haute résolution des données et en fournissant un certain nombre de rétroactions additionnelles (acoustique, retour d'effort, retour tactile, etc.). Mais la représentation "telles quelles" des données brutes au sein d'un système de RV est généralement impossible en raison même de leur nature massive. Le travail de VENISE dans ce domaine consiste à développer de nouvelles méthodes pour la manipulation interactive des bases de données scientifiques massives.

Dans une première étape, le travail s'est concentré sur la représentation efficace des résultats des simulations de Dynamique des Fluides dans un environnement de RV. La recherche a porté sur un type de représentation classique, c'est-à-dire le calcul des isosurfaces sur des données 3d, en considérant plusieurs niveaux de détails (LoDs) possibles, pour en accélérer l'extraction et réduire intelligemment le nombre de primitives graphiques à afficher (voir la section "Données Massives").

En termes de perspectives, ce travail s'oriente maintenant suivant deux axes. L'un vise à une intégration des techniques d'interaction et de rendu des données déjà développées, au sein d'une plate-forme logicielle standard offrant les fonctionnalités indispensables à leur réelle évaluation, notamment en terme d'ergonomie. La plateforme retenue est AMIRA³⁶. Le deuxième consiste à étudier la transposition des phénomènes étudiés sur des modalités autres que visuelle : ceci comprend l'étude de la sonification efficace de données (notamment pour la localisation et l'étude de phénomènes périodiques), ainsi que l'utilisation du retour d'effort pour l'exploration de champs de forces 3d. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la préparation de la thèse de *N. Fauvet*.

Application 2 « Réalité Virtuelle et Bioinformatique »

R. Gherbi, N. Ferey, P-E. Gros, J. Hérisson, C. Martin, A. Lemaçon, A. Drif, M. Ammi, B. Katz

Face aux données massives générées en biologie, l'exploration 3d immersive d'informations génomique est un grand défi en Bioinformatique. Deux outils logiciel sont à l'étude (ADN-Viewer et Genome3DExplorer/Graph3DExplorer) et intégrés en partie avec la plate-forme EVI3d. Un des principaux enjeux scientifiques de VENISE est la visualisation et l'exploration immersive par le contenu de l'information génomique et plus généralement biologique. Dans ce contexte, des recherches ont été menées en modélisation, structuration et en gestion de scène de ces données 3d massives.

En premier lieu, ces recherches se sont concrétisées par la conception de l'environnement logiciel interactif ADN-Viewer pour la représentation 3d et la visualisation des séquences d'ADN. Ce logiciel offre une représentation de la structure 3d que la double-hélice prendrait indépendamment des interactions avec d'autres macromolécules. Le biologiste peut observer la molécule d'ADN d'une manière interactive à tous les niveaux d'intégration, du gène au chromosome. Ce développement a été ensuite augmenté par un travail visant la représentation du contenu informationnel « biologique » des séquences. Ces informations sont souvent issues d'annotations expérimentales ou prédictives. Cette représentation offre aux biologistes l'étude de l'organisation spatiale de ces annotations et de leurs interactions. Ceci a été rendu possible par la conception de la plate-forme GenoMEDIA, qui intègre ADN-Viewer, des bases de données génomiques et un serveur multimédia. En 2005, nous avons effectué des tests d'utilisabilité sur ADN-Viewer en collaboration avec le groupe « user-centred software engineering » de l'université de Concordia au Canada. Les premiers résultats de dépouillement sont encourageants et les données rassemblées seront disponibles dans le futur proche.

Un autre logiciel est également à l'étude, appelé Genome3DExplorer/Graph3DExplorer. Ce logiciel vise la représentation, la visualisation et l'exploration des grandes banques de données génomiques et biologique. L'approche est basée sur un modèle de graphe dynamique et exploite le concept de XML. L'intérêt principal de cette recherche est d'explorer ces masses de données de manière homogène afin de pallier aux problèmes liés aux données complexes et hétérogènes. L'approche exploite pour la visualisation un format fédérateur afin de tenir compte aussi bien des données textuelles que factuelles. Les caractéristiques quantitatives et qualitatives, de données complexes organisées en réseaux, comme de nombreuses données biologiques, sont traduites par des attributs visuels d'un graphe tridimensionnel. Genome3DExplorer/Graph3DExplorer a été intégré dans la plate-forme EVI3d, et des tests d'utilisabilité dans un contexte immersif avec des utilisateurs ont été réalisés en collaboration avec *C. Toffano-Nioche* du LRI, dans le cadre du stage de Master Recherche de *A. Lemaçon*.

Par ailleurs, nous avons lancé en septembre 2005 une étude sur le docking virtuel protéine-protéine (protéine-ligand, protéine-ions...) par le biais d'une interaction multimodale immersive, dans le cadre de la thèse de *C. Martin* et du projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE ». Le but principal de cette recherche est d'optimiser le processus de conception de médicaments dans les industries pharmaceutiques, en particulier, pendant les premières étapes de l'analyse de ligand-protéine.

36 Solution commercialisée par TGS-Mercury, www.tgs.com

Plusieurs approches ont été envisagées. D'abord, nous avons projeté d'augmenter les molécules nues d'ADN avec des protéines (nucléosomes...) afin d'adapter autant que possible l'organisation spatiale des chromosomes. La collaboration étroite avec les biologistes structuraux, de l'IBBMC et de l'EBGM, a plutôt orienté les recherches vers la conception et la réalisation d'une plateforme de docking virtuel protéine/protéine ou protéine/ligand. Dans le cadre de la thèse de *C. Martin*, une approche originale a été définie. Cette approche n'a pas pour vocation de remplacer les solutions actuelles, essentiellement automatiques pour prédire les complexes protéiques, comme la plupart des outils de docking virtuel décrits dans la littérature, mais de s'insérer de manière complémentaire avec les méthodes automatiques dans les usages des biologistes structuraux.

En relation avec le projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE », un premier prototype de plateforme de docking immersive basé sur cette approche est en cours d'implémentation depuis janvier 2007. Ce prototype utilise le contexte immersif et la multimodalité (visuelle, audio et haptique) pour assister un expert dans la recherche des sites de docking les plus pertinents, afin de réduire les configurations à tester en amont des algorithmes automatiques de docking (réduction des coûts calculatoires), et d'augmenter leur pertinence, car ils sont particulièrement peu efficaces (les algorithmes de docking rendent un ensemble de solutions classées par pertinence, et les meilleurs parviennent à classer la configuration biologiquement validée dans les 15 premières).

Pour ce qui est de la modalité audio 3d, deux grands axes se dégagent. D'une part, nous recherchons et évaluons des paradigmes de sonification permettant de rendre certaines caractéristiques propre à une configuration de docking obtenue de manière interactive, comme les caractéristiques topologiques, les interactions électrostatiques et hydrophobes, ainsi que les liaisons électrochimiques entre les acides aminés à l'interface des deux protéines. L'objectif de cette approche est essentiellement de décharger le canal visuel, très largement mis à contribution dans les applications de docking. D'autre part, l'enjeu est de réussir à combiner ces rendus audio, spatialisés ou non, avec les autres modalités, visuelle ou haptique, et d'évaluer leur utilité en collaboration avec les futurs utilisateurs dans un contexte de docking virtuel.

De son côté la modalité haptique, en adéquation avec les autres retours informatifs (visuel et audio), apparaît comme particulièrement adaptée pour rendre les caractéristiques topologiques d'une configuration de docking à l'aide d'un moteur de détection de collision, comme par exemple pour forcer l'utilisateur à respecter les contraintes topologiques de surface, lors de la tâche d'emboîtement de deux protéines, sous jacentes à l'activité de docking. Cette recherche a fait l'objet du travail de *N. Férey*, recruté à mi temps en tant qu'ingénieur de recherche de mars à août 2007. Par ailleurs, des retours de force, globaux et locaux, couplés aux interactions électrostatiques globales entre les deux protéines, et locales entre ses acides aminés, sont envisagés dans le cadre du post-doc *A. Drif*. Nous envisageons aussi l'implémentation d'un guide haptique 6DOF (en translation et rotation), afin de faciliter l'exploration et l'évaluation successive de plusieurs configurations de docking proposées par les algorithmes automatiques, en guidant l'utilisateur vers la configuration la plus proche de sa configuration actuelle, de façon d'autant plus précise que l'utilisateur s'approche de cette configuration. Le but de cette exploration dans laquelle on combine la modalité haptique et visuelle et sonore, est de permettre une évaluation rapide de différentes configurations, et d'identifier le docking le plus pertinent.

Publications : [c11], [c28], [c13], [c12], [a2], [t4], [a5], [a3]

Application 3 « Réalité Virtuelle et Conception Assistée par Ordinateur »

P. Bourdot, T. Convard, F. Picon, M. Ammi, D. Touraine

Ces travaux portent sur l'amélioration de l'intuitivité des logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) pour la conception géométrique d'objets. Les systèmes traditionnels de CAO sur station de travail utilisent le paradigme WIMP pour leurs interfaces utilisateurs. Or ce type d'interaction ne convient pas à une tâche de conception d'objets 3d.

Dans ce contexte, nous avons tout d'abord montré qu'il est possible de créer des pièces complexes avec une interaction naturelle grâce à la multimodalité et les environnements virtuels. Cependant, afin de réellement bénéficier des possibilités de EV, les objets de CAO doivent être « réactifs », c'est-à-dire qu'ils puissent être déformés en temps réel grâce à une manipulation directe. Dans ce but nous avons présenté un modèle permettant aux objets décrits par des graphes d'historique de construction d'être déformables. Dans les systèmes CAO sur station de travail, les utilisateurs ont besoin d'interagir avec des menus et fenêtres de

dialogue pour modifier l'historique de construction des objets. Grâce à notre approche, les utilisateurs peuvent modifier cet historique de manière implicite avec une interaction directe immersive sur la forme des objets [a1], [c8]. Cette recherche a progressé durant la thèse de doctorat de *T. Convard* qui a soutenu en décembre 2005 [t3]. A partir de ces travaux, un prototype de CAO en RV nommé VRAD (Virtual Reality Aided Design) a été développé utilisant l'EVserver et la bibliothèque DRS de la plateforme EVI3d (voir thème 1).

L'une des perspectives de VRAD était d'intégrer d'autres modalités de sortie comme l'haptique. Nous avons vu que notre modèle d'objets réactifs pouvait fournir des informations 3d à l'utilisateur lors de sa manipulation. Ces informations peuvent par exemple être exploitées avec un périphérique haptique pour guider l'utilisateur. Dans l'esprit de l'approche orientée tâche de nos travaux sur la multimodalité en sortie (cf. sous-thème « Fission multimodale en EV » du thème 2), le retour d'effort attendu ici ne vise pas la perception d'une interaction physique réaliste avec les pièces CAO. L'objectif est au contraire de concevoir des paradigmes haptiques qui permettent de donner à percevoir tant les déformations d'une forme (état initial, amplitude de la déformation, sensation de métrique...) que des référents géométriques importants pour l'édition d'une telle forme (axes, butées, plans tangents, courbures...) *F. Picon* a commencé à aborder cette problématique en stage de Master recherche et poursuit maintenant en thèse. Deux publications internationales ont vu le jour sur la partie sélection haptique en CAO [c32]. L'état d'avancement de sa thèse a précédemment été rapporté dans le sous-thème « Interaction Haptique » du thème 3.

Au-delà de l'avancement de ces travaux, les membres de cette application sont auteurs d'un chapitre de la 3^{ème} édition du *Traité de la RV* [b5] et sont des acteurs réguliers du WG 2.6 « Engineering & Design » du NoE INTUITION. En particulier des études sont en cours sur les formats STEP et PLMXML pour conforter notre approche de l'intégration RV-CAO (qui se refuse de se satisfaire des Meshs actuellement utilisés en RV). Par ailleurs, en vue du montage d'un projet européen, des scénarios de recherche à long terme ont été aussi proposés au sein de ce WG alliant RV-CAO, Haptique, RA et Téléopération. Certaines de ces problématiques devraient aussi se développer prochainement en partenariat avec le CEA/LIST et HAPTION S. A. dans le cadre du projet DIGITEO « SIMCOD » dont nous sommes leader.

En termes de perspectives propres à cette application, l'intégration de la modalité auditive en CAO semble un peu moins riche que celle observable en haptique. Ceci est dû au fait que les tâches visées ont généralement un caractère spatial local qui les rendent plus propices aux modalités visuelle et haptique. Au demeurant, les bases de données manipulées en CAO renferment souvent des quantités importantes d'information et la modalité audio pourrait, à défaut de décharger le canal visuel, aider l'utilisateur à trouver certaines informations critiques. Nous noterons qu'ici aussi, ce n'est pas le réalisme du rendu qui importe, mais plutôt d'utiliser les spécificités de l'audio 3d susceptibles de faciliter l'activité des utilisateurs de systèmes CAO.

A plus long terme, un travail conséquent d'évaluation reste à mettre en place. Evaluer uniquement les performances d'un système de RV-CAO en terme de temps pour accomplir une tâche n'est pas suffisant. Pour être pertinentes, ces évaluations nécessitent des scénarios applicatifs bien délimités où les tâches de conception devront être examinées, mais aussi où les objets conçus devront être expertisés afin de juger de l'apport des technologies de la RV&A.

Application 4 « Réalité Augmentée pour la conduite à distance »

J.-M. Vézien, A. Tarault, P. Bourdot, B. Katz

Cette application a été lancée au sein de l'action « Environnement Virtuel et Téléopération » du projet VARVIC (Vision Artificielle et Réalité Virtuelle pour le Co-pilotage), un programme pluriformation 2002-2005 de l'Université Paris-Sud 11. Le but de cette action est de développer un système de réalité mixte permettant la conduite à distance d'un véhicule doté d'autonomie. Les applications associées à un tel projet sont nombreuses, et vont de la télé-opération à la gestion d'une flotte de véhicules. Ce travail a été conduit en collaboration avec le laboratoire IEF de la faculté d'Orsay, qui développe une plate-forme semi-autonome appelée PiCar. Concevoir une interface de conduite à distance est un problème complexe car de nombreuses étapes doivent être validées pour que l'interface soit robuste, efficace, et facile d'utilisation. Nous avons franchi les premières étapes vers une telle application, en développant un module d'échange de données, ainsi qu'un module de rendu pour mélanger informations réelles et virtuelles, et un simulateur de conduite pour tester les différents éléments de l'interface.

Comme déjà évoqué dans le thème 1, nous avons également conçu sous RTMaps une architecture logicielle dédiée permettant à plusieurs machines organisées en grappe de commander le système de façon distribuée. Un nœud de la grappe est ainsi consacré à l'interprétation des capteurs 3d de localisation de l'utilisateur de RV, un autre à la gestion des nœuds de rendu graphique (deux machines pilotant les deux écrans de notre dispositif de RV), un nœud est consacré à la capture, la compression, et la transmission vidéo, et finalement une machine est dédiée à la gestion des entrées/sorties en provenance du véhicule lui-même. L'interface de conduite à distance, nommée SACARI (supervision d'un véhicule autonome par une interface de virtualité augmentée) sera à terme connectée avec la plate-forme semi-autonome de l'IEF. Les résultats principaux de ce travail sont :

- dans le domaine de la virtualité augmentée : conception d'une interface immersive pour la conduite à distance, combinant des données virtuelles (modélisation de la scène distante) et réelles. L'orientation de la tête de l'utilisateur est utilisée pour piloter en temps-réel une caméra stéréo et un capteur audio 3d embarqués.
- dans le domaine de la conduite à distance : réalisation d'un simulateur de conduite à distance basé sur un modèle physique du véhicule et d'une interface de conduite semi-autonome (voir thème 6, section "métaphore de conduite"). Dans le cadre de cette application qui vise une supervision à courte échéance temporelle, nous avons mis au point un système permettant d'interagir directement avec les portions de trajectoires qui composent les chemins complets générés par les générateurs de trajectoires traditionnels.

L'ensemble de ces travaux s'inscrit dans le cadre de la thèse que A.Tarault va prochainement soutenir.

Publications : [c34], [c33]

Application 5 « Virtualité, Interaction Design, et Art »

C. Jacquemin, R. Ajaj, C. d'Alessandro, S. Boivin, B. Katz, S. Le Beux, J.-C. Martin, M. Noisternig, L. Picinali, J.-P. Sansonnet, F. Vernier

Les domaines de la création ont besoin d'environnements pour la conception et la présentation d'objets, d'espaces intérieurs, de volumes bâtis, d'œuvres artistiques... Pour offrir aux designers, architectes, urbanistes, plasticiens, musiciens, metteurs en scène des outils d'aide à la conception, nous avons développé de nombreux partenariats avec des créateurs, des lieux d'enseignement, et des lieux de production ou de présentation des produits de la création. Nous allons passer en revue les différentes problématiques de recherche développées au sein de VIDA (Virtualité, Interaction, Design et Art) dans le cadre de l'action transversale VENISE et montrer, pour chacun d'entre eux, les contributions scientifiques transversales tant au niveau du laboratoire, que des connexions entre ST2I, SHS et les champs artistiques.

Audio 3d pour le design et les installations sonores

Une première facette de la collaboration arts/sciences au LIMSI se réalise avec des collaborations en composition musicale, design sonore, production d'installations audio 3d. Elle concerne les dispositifs sonores immersifs et individualisés où le rendu audio spatialisé est cohérent avec les déplacements des auditeurs et leurs interactions avec la scène audio. Les recherches portent sur le suivi des auditeurs, le transport du signal, la délocalisation du rendu audio, les interfaces de contrôle temps réel de scènes avec des comportements autonomes, et le moteur de calcul de la géométrie. Une première expérience en psychologie cognitive avait été réalisée dans le cadre de la thèse d'A. Afonso avec un auditeur et 8 sources interactives. Les recherches se sont depuis étendues à des scènes plus complexes dans le cadre du projet Sound Delta (jusqu'à 200 auditeurs et 50 sources) sur des installations sonores immersives individualisées. [w1, c2, c1, c18]. Une collaboration avec le CICM (MSH Paris Nord) a permis de consolider les développements de rendus audio et graphiques cohérents dans le cadre d'une installation sonore pour un seul utilisateur dès maintenant et de préparer ainsi les travaux à venir dans Sound Delta.

Instruments virtuels

En liaison avec le sous-thème précédent, il s'agit ici de réaliser des environnements virtuels qui, par des interactions, produisent un rendu audio et graphique spatialisé. La collaboration avec le pôle de design sonore de l'ENSCI dans le cadre du projet Enigmes a porté sur la spatialisation de grains sonores et la navigation interactive dans un espace 3d dans lequel ils sont répartis. Cet environnement n'accepte qu'un seul auditeur, mais l'accent est mis sur la répartition spatiale discrétisée des sons ainsi que sur les modes de

parcours interactif et d'audition dynamique de cet espace à des fins de jeu musical [c19]. Ce travail sur l'instrumentation virtuelle avait été précédé par le projet GraphSon en collaboration avec l'Atelier Puce Muse où avait été réalisée une expérimentation de larsen audio-graphique reposant sur un système graphique résonnant à base de masses/ressorts [c23].

Installations artistiques immersives

Un deuxième pôle de recherche arts/sciences au LISI se réalise en collaboration avec un artiste plasticien (B. Planes) et porte sur l'immersion et l'engagement dans les œuvres graphiques spatialisées. Cette collaboration s'est déclinée selon deux thèmes complémentaires : (1) la projection réaliste de l'ombre du spectateur sur des scènes 3d (scène virtuelle ou vidéo enregistrée en stéréo), et (2) le texturage animé de surfaces physiques.

L'immersion par l'ombre repose sur la capture vidéo de la silhouette du spectateur face à l'écran lumineux, puis la projection de cette image dans la scène 3d (la scène virtuelle 3d ou une reconstruction 3d de la scène filmée par la vidéo stéréo préenregistrée). Ces travaux ont conduit à la réalisation de deux installations artistiques immersives avec un rendu spatialisé: Mar:3D et Gate:3.5 présentées respectivement dans une exposition d'art contemporain et dans une galerie [c23].

Le texturage de surfaces physiques repose sur la même métaphore de la projection que l'ombre: comment scénariser une installation en relief en faisant jouer au vidéoprojecteur un rôle de projecteur lumière ? Contrairement à la vidéo projection sur des bâtiments ou sur des surfaces éloignées, l'accent est mis ici sur la spatialisation de la projection avec des effets de perspective importants dus à la proximité entre le projecteur et les objets sur lesquels a lieu la projection. Une installation immersive de projection sur un cube de 1m de côté a été présentée à Superflux dans le cadre du Festival Lyon Lumières.

Vidéo-scénographie

L'utilisation de la vidéo dans un espace scénique a été déclinée selon deux paradigmes distincts dans le cadre de la collaboration avec la Compagnie Incidents Mémorables : les accessoires virtuels et la navigation dans une scène immersive.

La recherche sur les accessoires virtuels vise à donner la main à l'acteur sur des objets virtuels interactifs qu'il va pouvoir manipuler en temps réel avec des capteurs. Pour que ces accessoires soient facilement « jetables » afin d'en changer sans coupures, un système de calque est utilisé qui permet de jeter la projection en cours comme si l'on retirait un voile. Les calques sont également justifiés par le recours à des animations physiques, des transparences, et la distorsion de l'image afin de prendre en compte la surface de projection [a4]. Ces recherches ont été utilisées dans la pièce *La Pluralité des Mondes* présentée à la Filature de Mulhouse en 2006, elles ont été complétées en 2007 par des travaux sur la mobilité des acteurs dans un espace virtuel dans le cadre de la pièce *Espaces Indicibles* également présentée à la Filature et dans d'autres lieux de la région Alsace.

Rendu et contrôle de voix et visage expressifs

L'animation faciale et son contrôle interactif est un instrument de communication des émotions qui peut être exploité dans diverses applications ludo-éducatives, dans les communautés virtuelles, ainsi que dans les marionnettes virtuelles ou d'autres domaines de la création artistique demandant l'expression d'une sensibilité. Le travail réalisé au LIMSI sur les visages animés et la parole expressive porte à la fois sur l'entrée via une interface tangible et sur la sortie via une architecture de rendu et de contrôle de la parole audio-visuelle et de l'expression des émotions dans un visage animé (voir la partie *Langage de description de scènes et humains virtuels*) [c30, c29]. L'interface d'entrée pour le contrôle des expressions (appelé *Pogany*) est un moulage de résine percé d'orifices avec une capture vidéo pour localiser et mesurer les occlusions. Par une interaction bimanuelle multi-points, l'utilisateur peut contrôler de façon intuitive, progressive et sensible l'expression faciale. L'interface a été testée pour son utilisabilité dans une première expérience. Des scénarios d'usage plus riches et complexes sont actuellement définis en collaboration avec le pôle design numérique de l'ENSCI. [c16, c15, c19].

Modèles physiques

Les modèles physiques sont utilisés par la communauté de l'art numérique temps réel à des fins de simulation pour obtenir des rendus fluides, organiques, à l'inverse de rendus algorithmiques plus simples

pouvant donner un effet mécanique. Profitant de la puissance accrue des processeurs graphiques, tant pour le rendu graphique, que pour les calculs généraux, un algorithme de rendu de système masse/ressort a été implémenté en GPU pour permettre le calcul et l'affichage graphique temps réel de modèles très volumineux. Cet algorithme est actuellement exploité dans deux projets. D'une part, une collaboration en cours avec l'artiste numérique *S. Bianchini* a pour but de faire un rendu réaliste de drapeau temps réel. D'autre part, un travail récent a permis de combiner analyse d'image vidéo et rendu de système masses/ressorts pour concevoir une architecture de peinture numérique temps réel. Le système masses/ressorts se comporte comme une fibre organique que l'utilisateur peut manipuler en temps réel avec ses mains s'il est pris en vidéo ou par la médiation d'une scène 2d ou 3d modifiable interactivement. (en soumission à ENACTIVE 2007).

Architecture virtuelle

L'architecture et l'urbanisme comportent des tâches collaboratives de conception et de présentation des résultats. Le travail de thèse de R. Ajaj porte sur la combinaison des représentations et interactions autour d'une interface 2d, une table tactile avec identification des utilisateurs, et une interface 3d de visualisation stéréoscopique [c3]. Cette interface hybride doit permettre à des acteurs issus de métiers différents et ayant des modes de représentation et de visualisation des données propres, de collaborer sur des projets d'architecture ou d'urbanisme. Le travail de recherche porte sur la combinaison des visualisations et des interactions au travers de ces deux interfaces et sur les différents modes de complémentarité et de redondance entre les interactions et les représentations dans ces interfaces.

Conclusion

L'activité de recherche de l'action transversale VENISE a atteint depuis 2005 une maturité certaine, attestée par la montée en puissance de sa production scientifique, dont 44 revues ou communications de niveau international. VENISE a également consacré une grosse partie de ses efforts à développer son audience tant nationale qu'internationale en répondant durant cette période à plusieurs appels à projets.

Au niveau national, nous participons tout d'abord à la suite de la plate-forme PERF-RV du RNTL, à savoir PERF-RV2 « L'Humain Virtuel au Travail dans l'Usine du Futur ». Ce projet a débuté fin décembre 2005 et concerne l'application 3 et les thèmes de recherche 1, 2 et 3 de VENISE. Dans le cadre d'une collaboration étroite avec PSA Peugeot-Citroën que nous avons développée autour de nos travaux sur la CAO immersive multimodale, notre contribution est de transférer vers le monde industriel et d'évaluer sur des situations réelles certaines de nos solutions. Dans ce projet, nos travaux portent globalement sur la conception d'un système de fusion multimodale (parole, geste) des interactions en RV, non plus sur une plateforme de développement ad hoc (cf. plate-forme EVI3d de l'équipe VENISE), mais dans un environnement logiciel standard commercial (cf. VirtoolsTM).

Le second succès de VENISE est l'acceptation du projet CoRSAIRE (Combinaisons de Rendus Sensorimoteurs pour l'Analyse Immersive de Résultats) dans le cadre de l'Action de Recherche Amont « Masse de Données, Modélisation, Simulation, Applications » de l'ANR. Basé sur un consortium de 5 partenaires (LIMSI-CNRS, IRCAM-CNRS, EBGIM-INSERM, LEI-Paris 5, Haption S.A.), ce projet a débuté en 2006. Outre le leadership du projet, nos contributions portent sur :

- la problématique de la multimodalité en sortie (visuelle, audio 3d et haptique) et donc concerne de nouveau les thèmes de recherche 1, 2 et 3 de VENISE ;
- l'analyse immersive de données massives en articulation avec les deux applications scientifiques de VENISE, à savoir les applications 1 et 2.

Au niveau international, nous nous sommes fortement impliqués dans le NoE INTUITION « Network of Excellence on vIrtual reality aNd virTual environments applIcatIONS for future workspaces » du 6ème programme cadre IST. Cette implication a commencé par la fédération des équipes CNRS concernées par ce réseau d'excellence et par notre implication dans de nombreux Working Packages et par le leadership du WP1.2 « Structuring the European Research Era on VR ». Elle s'est poursuivie par l'animation du WP1.A.2 « State of the art and literature review » et notre implication dans les working groups WP2.2 « Augmented Reality », WP2.6 « Engineering & Design » et WP2.10 « Haptic ».

Notons enfin le succès obtenu sur le STREP « Wayfinding », au sein duquel la recherche effectuée porte sur le rôle des mouvements de la tête et sur l'impact de la réverbération dans la navigation en l'absence de vision.

Au-delà des projets nationaux et européens, les deux dernières années ont de plus été marquées par le fort développement des problématiques haptique et audio 3d. Celui de l'interaction haptique a été rendu possible grâce au recrutement en juin 2006 de M. Ammi sur un poste de Maître de Conférences de l'Université Paris-Sud 11. Outre sa prise en charge immédiate des recherches liées à son expertise dans les projets en cours au sein de VENISE, il a aussi mis en place dès son arrivée une coopération scientifique avec l'Université de Gênes (thèse en co-tutelle avec l'IIT) et déposé plusieurs projets. De son côté, le développement des problématiques audio 3d résulte des synergies qu'ont engendrées au sein de VENISE, le projet ANR ARA MDMSA « CoRSAIRE », les travaux en télé-présence autour de l'interface de Réalité Augmentée SACARI, ainsi que les travaux liés aux domaines d'application artistiques (cf. VIDA)

Le nombre des recherches qu'induit la RV&A au sein du département « Communication Homme-Machine », combiné à l'intérêt du département « Mécanique-Energétique » pour la perception immersive de données massives pour l'étude des structures des écoulements turbulents, a amené l'action transversale de VENISE à proposer d'implanter sur le campus d'Orsay un grand environnement immersif. Basé sur le concept du système EVE (Environnement Virtuel Evolutif), un dispositif multimodal reconfigurable sur lequel le laboratoire travaille depuis 1998 en relation avec plusieurs industriels du domaine. Dans ce contexte, le CNRS avait décidé en 2000 d'accorder au LIMSI un budget pluriannuel pour la construction d'un bâtiment spécifique pour abriter cet équipement et le développement des activités de recherche de VENISE. Ce bâtiment a donc vu le jour en 2007, tandis qu'en parallèle l'action transversale VENISE a soumis le projet de plate-forme « SIMCoD » au RTRA DIGITEO en collaboration avec le CEA-LIST, l'IEF, Vecsys, Intempora et Haption SA. Au delà de compléter le financement du dispositif EVE de ce nouveau bâtiment, ce projet vise à déployer sur le plateau du Moulon une plate-forme multipolaire de RV&A collaborative distante. De plus il propose un programme de recherche ambitieux qui va infléchir de façon significative les priorités de VENISE. Basé sur les principales applications de VENISE, les grands thèmes de recherche et de collaboration de ce projet sont :

- Distribution et le partage « temps réel » des données massives
- Latence et cognition
- Formats de données dans la perspective de l'évolutivité des contenus
- Recueil et le partage des connaissances entre applications et experts distants
- Métaphores interactives pour le travail collaboratif distant
- Traitement de la parole en situation collaborative
- Interaction gestuelle en situation collaborative
- Son physique réaliste
- Méthode d'étiquetage sémantique des objets partagés

En résumé, l'action transversale VENISE est aujourd'hui plus que jamais en situation d'exploiter pour ses recherches et de promouvoir auprès de ses partenaires, le dispositif EVE évoqué ci-dessus, et s'organise pour répondre à ces enjeux et valoriser son potentiel scientifique, son expertise technologique et les moyens qui lui sont attribués. Au demeurant, le recrutement de nouveaux permanents reste un besoin impérieux pour faire face au développement de nos activités et à leur rayonnement tant national qu'international.

Personnels

Permanents

Prénom	Nom	Statut	Position	Organisme
Mehdi	Ammi	Ens-Ch	MC	Paris XI
Samuel	Boivin	Ch	CR2	INRIA
Patrick	Bourdot	Ch	CR1	CNRS
Damien	Touraine	ITA	IR2	CNRS
Jean-Marc	Vézien	ITA	IR2	CNRS

Doctorants

Prénom	Nom	Ecole doctorale	Etablissement d'inscription
Nicolas	Fauvet	Informatique	Paris XI
Bob	Menelas	Informatique	Paris XI
Huynh-Phong	Pham	Informatique	Paris XI
Flavien	Picon	Informatique	Paris XI
Antoine	Tarault	Informatique	Paris XI

Personnels non permanents

Prénom	Nom	Dernier statut
Guillaume	Bouyer	Post-Doc
Abdelhamid	Drif	Post-Doc

Membres associés de VENISE³⁷

J. Atif, Y. Bellik, L. Bolot, B. Bossard, A. Braffort, N. Ferey, Y. Fraigneau, R. Gherbi, P.-E. Gros, J. Hérisson, C. Jacquemin, B. Katz, F. Lusseyran, C. Martin, J.-C. Martin, O. Matte-Tailliez (LRI), A. Muzy (SPE), A. Osorio, X. Ripoche, J.-P. Sansonnet, C. Toffano-Nioche (IBP), D. Touraine (CECPV, Université Louis Pasteur), W. Turner.

³⁷ Membres « associés » (personnes, internes ou externes au laboratoire, contribuant à l'activité de recherche de VENISE) incluant les doctorants.

Contrats de recherche et valorisation

Tableau des contrats

Date d'effet	Date de fin	Intitulé	Type	Organisme financeur-Partenaire	Part labo	Responsable scientifique	Catégorie
27/06/2007	05/05/2009	ESPIONS	Autre	HAPTION	-	Bourdot Patrick	Mise à disposition
01/09/2004	31/08/2008	INTUITION	NOE	UE	48 649 €	Bourdot Patrick	Contrat avec la commission européenne
19/12/2005	31/12/2008	PERF-RV2	RNTL	ANR	70 070 €	Gelin Rodolphe	Collaboration de recherche
06/05/2006	05/05/2009	CoRSAIRE	ARA MDMSA	ANR	131 700 €	Bourdot Patrick	Collaboration de recherche
01/07/2007	30/06/2010	Cotutelle de thèse	Autre	Université de Gênes	-	Bourdot Patrick	Collaboration de recherche
01/10/2007	30/09/2011	SIMCoD	Plateforme	Digiteo	538 200 €	Bourdot Patrick	Collaboration de recherche
01/01/2008	31/12/2008	BQR 2008	BQR	Université Paris XI	16 000 €	Ammi Mehdi	Collaboration de recherche

Production scientifique

Thèses

1. Bossard, B., *Conception d'un système de reconnaissance de gestes bimanuels : application à la réalité virtuelle et à la langue des signes*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.
2. Bouyer, G., *Rendu multimodal en réalité virtuelle : supervision des interactions au service de la tâche*. 2007, Université Paris-Sud/LIMSI.
3. Convard, T., *Conception assistée par ordinateur en environnement immersif*. 2005, Université Paris-Sud/LIMSI.
4. Férey, N., *Exploration immersive de données génomiques factuelles et textuelles vers une approche de visual mining*. 2006, Université Paris-Sud/LIMSI.

Reuves à comité de lecture

1. Convard, T. and P. Bourdot, *Objets Réactifs pour la CAO - Application à la conception de formes avec interaction multimodale et environnement virtuel*. *Revue Internationale d'Ingénierie Numérique*, 2005. **1**(2).
2. Férey, N., P.-E. Gros, and R. Gherbi, *An immersive visualization and interaction paradigm for genomic databases exploration*. *Mediterranean Journal of Computers and Networks*, 2006. **2**(3): p. 118-124.
3. Hérisson, J., G. Payen, and R. Gherbi, *A 3D pattern matching algorithm for DNA sequences*. *Bioinformatics*, 2007. **23**(2): p. 680-686.
4. Jacquemin, C. and G. Gagneré, *Revisiting the Layer/Mask Paradigm for Augmented Scenery*. *International Journal of Performance Arts and Digital Media*, 2007. **2**(3): p. 237-258.
5. Martin, C. and R. Gherbi, *Towards a user-oriented immersive interaction for protein-protein docking*. *Mediterranean Journal of Computers and Networks*, 2006. **2**(3): p. 108-117.

Livres et ouvrages

Chapitres d'ouvrage

1. Bourdot, P., J.P. Jessel, I. Thouvenin, and T. Convard, *Industries manufacturières*, in *Le traité de la réalité virtuelle - Volume 4 : les applications de la réalité virtuelle - Chapitre 7*, F. D'Aubert, G. Moreau, and P. Fuchs, Editors. 2006, Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 175-200.
2. Bourdot, P., D. Touraine, J.M. Vézien, and G. Bouyer, *Les techniques d'intégration multimodale en environnement virtuel*, in *Le traité de la réalité virtuelle - Volume 2 : l'interfaçage, l'immersion et l'interaction en environnement virtuel - Chapitre 13*, F. D'Aubert, G. Moreau, and P. Fuchs, Editors. 2006, Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 381-388.
3. Bourdot, P., D. Touraine, J.M. Vézien, and T. Convard, *EVI3d : une plateforme de développement d'applications de RV&A*, in *Le traité de la réalité virtuelle - Volume 3 : outils et modèles informatiques des environnements virtuels - Chapitre 14*, P. Fuchs, G. Moreau, and F. D'Aubert, Editors. 2006, Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 393-398.

4. Gherbi, R., P. Bourdot, J.M. Vézien, J. Hérisson, and N. Fauvet, *Explorations de données scientifiques et expérimentations virtuelles*, in *Le traité de la réalité virtuelle - Volume 4 : les applications de la réalité virtuelle - Chapitre 4*, F. D'Aubert, G. Moreau, and P. Fuchs, Editors. 2006, Presses de l'Ecole des Mines de Paris. p. 103-118.
5. Jacquemin, C. and G. Gagneré, *Image de synthèse temps réel pour la performance augmentée dans le spectacle vivant : une interface de conception et de contrôle à base de calques physiques*, in *Interfaces numériques*, I. Saleh and D. Regottaz, Editors. 2007, Hermès;Lavoisier. p. 15.

Conférences à comité de lecture

1. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, and M. Denis. *Spatial knowledge without vision in an auditory VR environment*. in *ESCOPE 2005. XIVth Conference of the European Society for Cognitive Psychology*. 2005.
2. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, C. Jacquemin, and M. Denis. *A study of spatial cognition in an immersive virtual audio environment : comparing blind and blindfolded individuals*. in *ICAD'05. The International Conference on Auditory Display*. 2005.
3. Ajaj, R., C. Jacquemin, and F. Vernier. *User collaboration for 3D manipulation through multiple shared 2D and 3D views*. in *VRIC Virtual Reality International Conference*. 2007.
4. Ammi, M. and A. Ferreira. *Evaluation of 3D pseudo-haptic rendering using vision for cell micromanipulation*. in *IROS 2006. IEEE/RST International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 2006.
5. Ammi, M. and A. Ferreira. *Robotic assisted micromanipulation system using virtual fixtures and metaphors*. in *IEEE international conference on robotics and automation*. 2007.
6. Bouyer, G., P. Bourdot, and M. Ammi. *Supervision of task-oriented multimodal rendering for VR applications*. in *EGVE'07. 13th Eurographics Symposium on Virtual Environments*. 2007.
7. Bouyer, G., P. Bourdot, and J.M. Vézien. *TOTEM : an engine for task-oriented multimodal rendering in virtual environments*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
8. Convard, T. and P. Bourdot. *A multimodal immersive solid modeler with reactive objects*. in *HCI International 2005. 11th International Conference on Human-Computer Interaction*. 2005.
9. Convard, T., P. Bourdot, and J.M. Vézien. *Managing deformable objects in Cluster rendering*. in *Fourth International Workshop on Computer Graphics and Geometric Modeling, CGGM'2005*.
10. Fauvet, N., M. Ammi, and P. Bourdot. *Experiments of haptic perception techniques for computational fluid dynamics*. in *CyberWorlds - HAPTEX'07*. 2007.
11. Férey, N., P.-E. Gros, J. Hérisson, and R. Gherbi. *Visual Data Mining of Genomic Databases by Immersive Graph-Based Exploration*. in *ACM Graphite 2005, International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. 2005.
12. Férey, N., C. Toffano-Nioche, O. Matte-Tailliez, R. Gherbi, and W.A. Turner. *REVIVOS : REalité Virtuelle pour la construction de Vocabulaire Spécialisés*. in *IC'2007. 18ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances*. 2007.
13. Gros, P.-E., J. Hérisson, N. Férey, R. Gherbi, H. Javahery, and A. Seffah. *Multiple user Interface for Exploring Genomics Databases*. in *11th International Conference on Human-Computer Interaction, HCI'2005*. 2005.
14. Jacquemin, C. *An eye for an ear and an ear for an eye : bidirectional control in virtual multimedia instrument design*. in *VSMM405. 11th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*. 2005.
15. Jacquemin, C. *Headshaped tangible interface for affective expression*. in *HCI'2007 21st British HCI Group Annual Conference*. 2007.
16. Jacquemin, C. *Pogany: A tangible cephalomorphic interface for expressive facial animation*. in *ACII'2007 second International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2007.
17. Jacquemin, C. *Some examples of VR or AR for art installations and live performances*. in *DigiFrance 2007*. 2007.
18. Jacquemin, C., A. Afonso, A. Blum, S. de Laubier, M. Denis, H. Folch, H. Genevois, B.F.G. Katz, S. Nugier, and N. Schnell. *Design d'environnements multimodaux interactifs communicants*. in *H2PTM'05. Hypermédiatextes, Products, Tools and Methods*. 2005.
19. Jacquemin, C., R. Ajaj, R. Cahen, Y. Olivier, and D. Schwarz. *Plumage: Design d'une interface 3D pour le parcours d'échantillons sonores granularisés*. in *IHM'07. 19ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2007.
20. Jacquemin, C. and S. de Laubier. *Transmodal feedback as a new perspective for audio-visual effects*. in *NIME 2006. New Interface for Musical Expression*. 2006.
21. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *Exploration d'analyse de données textuelles et navigation contrôlée dans OCEAN*. in *IHM 2005. 17e Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine*. 2005.
22. Jacquemin, C., H. Folch, and S. Nugier. *OCEAN : 2 1/2D interactive visual data mining of text documents*. in *IV06. 10th International Conference on Information Visualisation*. 2006.

23. Jacquemin, C., B. Planes, and R. Ajaj. *Shadow casting for soft and engaging immersion in augmented virtuality artworks*. in *9th ACM Multimedia 2007*.
24. Katz, B.F.G., F. Prezati, and C. D'Alessandro. *Human voice phoneme directivity pattern measurements*. in *4th Joint Meeting of the Acoustical Society of America and the Acoustical Society of Japan*. 2006.
25. Katz, B.F.G., A. Tarault, P. Bourdot, and J.M. Vézien. *The use of 3D-audio in a multi-modal teleoperation platform for remote driving/supervision*. in *AES 30th international conference on intelligent audio environments*. 2007.
26. Katz, B.F.G., O. Warusfel, P. Bourdot, and J.M. Vézien. *CoRSAIRe - combination of sensori-motor rendering for the immersive analysis of results*. in *ISon 2007 - Proceedings of the 2nd international workshop on the interactive sonification*. 2007.
27. Martin, C. and R. Gherbi. *Interaction immersive centrée-utilisateur pour les manipulations moléculaires et le docking de protéines*. in *6èmes Journées Ouvertes de Biologie, Informatique et Mathématiques (JOBIM05)*. 2005.
28. Martin, C. and R. Gherbi. *User-Centred Immersive Interaction for Protein Docking*. in *CSICE'05, International Conference on Computer Simulation in Information and Communication Engineering*. 2005.
29. Martin, J.C., C. D'Alessandro, C. Jacquemin, B.F.G. Katz, A. Max, L. Pointal, and A. Rilliard. *3D audiovisual rendering and real-time interactive control of expressivity in a Talking Head*. in *IVA 2007. 7th International Conference on Intelligent Virtual Agents. Paru dans : LNAI 4722, Springer*. 2007.
30. Martin, J.C., C. Jacquemin, L. Pointal, B.F.G. Katz, C. D'Alessandro, A. Max, and M. Courgeon. *A 3D audio-visual animated agent for expressive conversational Question Answering*. in *AVSP 2007 International Conference on Auditory-Visual Speech Processing*. 2007.
31. Muzy, A., N. Fauvet, P. Bourdot, F. Bosseur, and C. Gouinaud. *A VR Platform for Field-scale Phenomena: An application to Fire Spread Experiments*. in *3rd International Conference in Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and Southeast Asia. ACM Graphite 2005*.
32. Picon, F., P. Bourdot, and M. Ammi. *Haptic selection for computing aided design*. in *10th IFF Science Days*. 2007.
33. Tarault, A., P. Bourdot, and J.M. Vézien. *SACARI, an Immersive Remote Driving Interface for Autonomous Vehicles*. in *Fourth International Workshop on Computer Graphics and Geometric Modeling, CGGM'05*. 2005.
34. Tarault, A., T. Convard, P. Bourdot, and J.M. Vézien. *Cluster based solution for virtual and augmented reality applications*. in *3rd International Conference in Computer Graphics and Interactive Techniques in Australasia and Southeast Asia. ACM Graphite 2005*.

Congrès sans actes, workshops

1. Afonso, A., B.F.G. Katz, A. Blum, and M. Denis. *Mental imagery and the acquisition of spatial knowledge without vision : a study of blind and sighted people in an immersive audio virtual environment*. in *Tenth European Workshop on Imagery and Cognition*. 2005.
2. Bourdot, P., G. Bouyer, N. Fauvet, C. Martin, J.M. Vézien, M. Ammi, and R. Gherbi. *CoRSAIRe : combination of sensorimotor renderings for immersive analysis of results*. in *Intuition 2006. 3rd Intuition International Workshop on Virtual Reality*. 2006.
3. Convard, T. and P. Bourdot. *A multimodal and immersive environment for geometric*. in *Intuition Workshop 2005 - VR/VE & Industry : Challenges and Opportunities*. 2005.
4. Férey, N., P.-E. Gros, J. Hérisson, and R. Gherbi. *Immersive exploration by visualisation of factual and textual genomic*. in *Intuition Workshop 2005 - VR/VE & Industry : Challenges and Opportunities*. 2005.
5. Tarault, A., P. Bourdot, and J.M. Vézien. *Principle of a remote driving/supervision system to drive autonomous vehicles*. in *Intuition Workshop 2005 - VR/VE & Industry : Challenges and Opportunities*. 2005.
6. Jacquemin, C. and G. Gagneré. *Augmented scenery : expanding the layer/mask paradigm to flexible surfaces and generalized anamorphosis*. in *(re)Actor : First International Conference on Digital Live Art*. 2006.
7. Jacquemin, C. and B. Planes, *Travaux d'études et de recherche en informatique sur des thématiques artistiques*, in *Atelier formations transdisciplinaires en interaction sensorielle pour la création artistique. IHM'05*. 2005.

KARINE BASSOULET

PRÉSENTATION

Effectif : 13 ITA 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 2006 : 540 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
Cristelle	Bérézaie	ITA	AJT
Magali	Brilhac-Roserat	ITA	AI
Annie	Depauw	ITA	TCN
Pascal	Desroches	ITA	TCN
Pierre	Durand	ITA	TCN
Daniel	Lerin	ITA	AI
Isabelle	Lollia	ITA	AJT
Bernard	Mérienne	ITA	IR1
Sophie	Pageau-Maurice	ITA	TCE
Nadine	Pain	ITA	TCE
Elisabeth	Piotelat	ITA	IE2
Nicolas	Rajaratnam	ITA	AI

Détail des activités

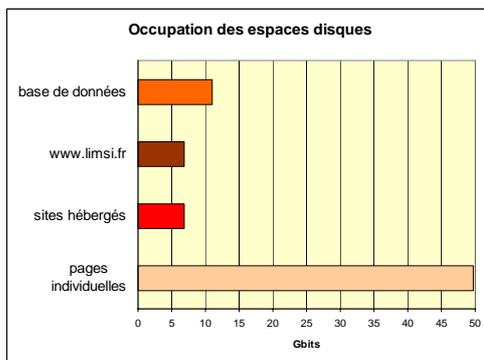
Informatique (AMIC)

Equipe : B. Mérienne, A. Depauw,
E. Pioletat, N. Rajaratnam

Budget 2006 : 72 k€

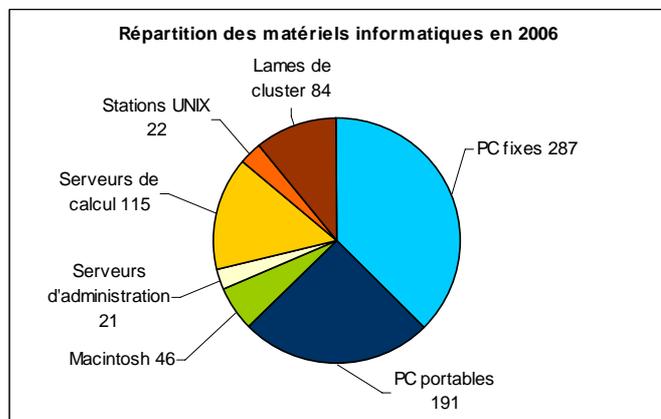
Actions significatives

- Refonte du firewall d'accès à RENATER pour un passage de 100Mbits/s à 1Gbit/s
- Réseau local : passage au Gbit/s
- Mise en place d'un réseau WIFI dans les salles de réunion du laboratoire
- Sur le parc LINUX, installation d'un nouveau service de sauvegarde incrémentale quotidienne AMANDA et installation d'un nouveau serveur d'impression de type CUPS



- Mise en place d'un nouveau serveur web avec mise à jour du site du laboratoire. Renforcement de la sécurité (accès, firewall local). Mise à disposition des personnels des outils les plus récents pour la conception d'applications (php5, mediawiki, spip).

- Hébergement d'une vingtaine de serveurs virtuels (projets ANR, collaborations internationales, gestion d'enseignement)
- Modernisation du serveur IMAP qui héberge 190 comptes : sécurisation pour les accès distants soit par le protocole IMAPS, soit par le webmail. 25% des 100000 messages reçus quotidiennement sont des indésirables et sont bloqués sur la liste noire élaborée en collaboration avec les utilisateurs.



- Rédaction de documentation des outils et services informatiques

Audiovisuel

Equipe : P. Durand

Budget 2006 : 2 k€

Actions significatives :

- 500 photographies réalisées
- 3 films tournés
- 10 expériences photographiées

- Réalisation d'un album photo pour l'Ecole de Mécanique des Fluides Numérique, juin 2007
- Numérisation de la vidéothèque VHS du laboratoire
- Création de pochettes DVD personnalisées

Bibliothèque

Equipe : M. Brilhac-Roserat, I. Lollia

- Fonds documentaire du laboratoire : 6700 documents
- Evolution en 2006 : 163 nouveaux documents dont 93 ouvrages acquis ; 318 publications enregistrées (228 en CHM et 90 en MECA)
- Emprunts de 40 ouvrages à l'extérieur et obtention de 100 copies d'articles

Budget 2006 : 40 k€

Actions significatives :

- Installation du module Web d'Alexandrie permettant la consultation de la base depuis tous les postes de travail, en 2005
- Mise en place de la GED des publications du laboratoire via Alexandria en 2006

Communication

Equipe : S. Pageau-Maurice

Actions significatives :

- Organisation du congrès TALN 05, (6-10 juin 05, Dourdan)
- Organisation de la 9^{ème} Ecole de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique (5-11 juin 05, Roscoff)
- Animation d'un stand pour les journées de la Fête de la Science (14-16 octobre 05, Orsay)
- Organisation de la 1^{ère} école de printemps « Optimisation et Contrôle des Ecoulements et des Transferts » (12-17 mai 06, Aussois)
- Animation d'un stand pour les journées de la Fête de la Science (13-15 octobre 06, Orsay)
- Organisation de la 10^{ème} Ecole de Printemps de Mécanique des Fluides Numérique (3-9 juin 07, Roscoff)

Budget 2006 : 15 k€

- Organisation de la conférence IVA « Intelligent Virtuel Agent » (17-19 septembre 07, ENST Paris)
- Animation d'un stand pour les journées de la Fête de la Science (12-14 octobre 07, Orsay)

Production de documents de communication	
Plaquette	5000
Rapport d'activité v. papier 05 et 07	1000
Rapport d'activité v. cd-rom	1000
Carte de vœux 2006 et 2007	4000

Infrastructure

Equipe : D. Lerin, P. Desroches

Actions significatives :

- Etude, mise aux normes et aménagements de locaux pour y transférer les bancs d'essais laser ainsi que les bureaux afférents à l'activité expérimentale
- Création d'une nouvelle pièce climatisée dédiée aux serveurs informatiques
- Installation d'un système de mise hors service du monte-charge la nuit, les week-ends et les jours fériés

Budget 2006 : 171 k€ en 2006

- Renforcement de la sécurité des deux bâtiments du laboratoire : remplacement de châssis et installation de double vitrages anti-effraction ou pose d'un film anti-effraction
- Travaux de maçonnerie sur les extérieurs du bâtiment 502bis
- Réfection et aménagement de bureaux, salle stagiaire. Mise en conformité d'installations électriques et techniques

- Suivi du projet d'extension du laboratoire : contribution importante pour l'analyse des différentes versions du DCE et plans des locaux, participation aux dossiers d'appel d'offres pour les 13 lots, ouverture et négociation des offres,

suivi des travaux, participation aux réunions de chantier hebdomadaires

- Etude pour la mise en place d'un système de détection incendie dans les bâtiments 508, 502bis avec mise en réseau des 3 bâtiments du laboratoire.

Logistique

Equipe : P. Durand

Budget 2006 : 15 k€

Actions significatives :

- Installation d'un écran d'affichage dans le hall
- Remplacement des serrures, cylindres et béquilles de porte

- Création d'un nouvel organigramme des serrures

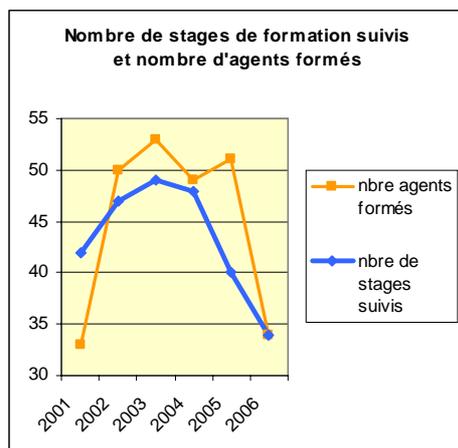
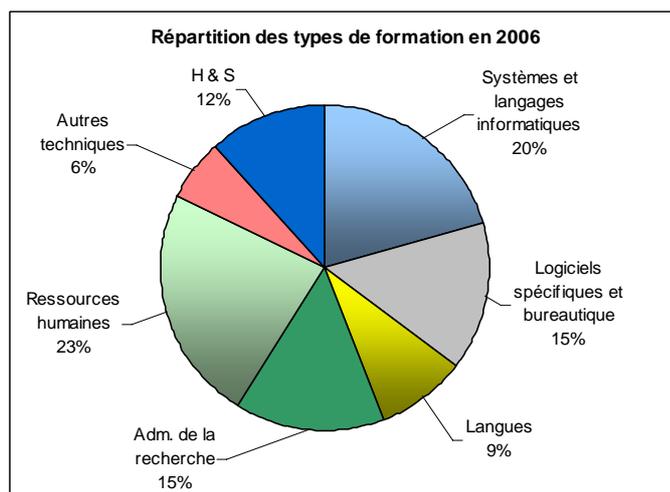
Formation

Equipe : I. Lollia, K. Bassoulet

Budget 2006 : 1.3 k€ (formations financées sur fonds propres comme les doctoriales)

Actions significatives :

- Participation de 85 agents à 100 stages de formation en 2005, 2006.
- Organisation de deux formations intra-laboratoire en langue des signes française (17 pers. en 2007) et en arabe (14 pers. En 2005)
- Organisation de formations en interne : Access, utilisation d'un Wiki et structure du nouveau site web du laboratoire.



Hygiène et Sécurité

Equipe : A. Choisier, A.C.M.O

Budget 2006 : 16 k€ comprenant la maintenance des extincteurs, de la détection incendie, du monte-charge et la vérification annuelle des systèmes électriques et équipements techniques du laboratoire.

Actions significatives :

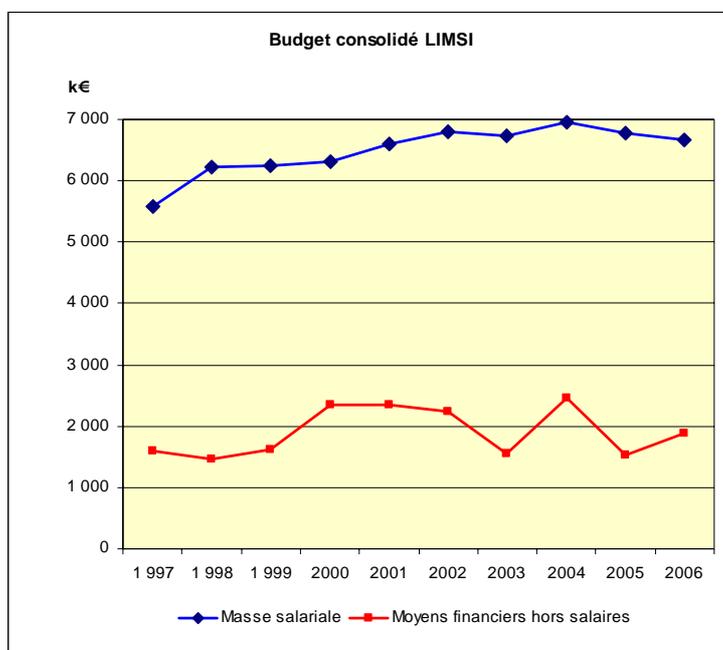
- Tenue du comité hygiène et sécurité en octobre 2005 et mai 2007 ; mise à jour du document unique sur l'évaluation des risques ; suivi des contrôles réglementaires
 - Rédaction des plans de prévention pour les travaux effectués par les entreprises extérieures
 - Etude et mise en place des organes de sécurité sur les manip : salle laser, thermoacoustique, ateliers
 - Suivi et bilan annuel des visites médicales des personnels
 - Participation à la définition des organes de sécurité et suivi du chantier de l'extension du laboratoire pour les aspects H&S
 - Animation de 9 visites « Hygiène et Sécurité » pour les nouveaux arrivants au laboratoire suivies par 52 personnes en 2006
- Incitation et suivi de la formation secouriste du travail par les personnels du laboratoire. Actuellement 14 personnes sont secouristes du travail
 - Accompagnement des personnels handicapés (5 pers.) : établissement des besoins d'aménagement, relations avec le service social du CNRS, instruction des demandes spécifiques : interprétariat en langue des signes française, matériel et logiciels informatiques adaptés aux malvoyants
 - Participation à l'étude d'un nouveau système de détection et alarme incendie avec prise en compte des particularités induites par l'accueil de personnel handicapé

Administration

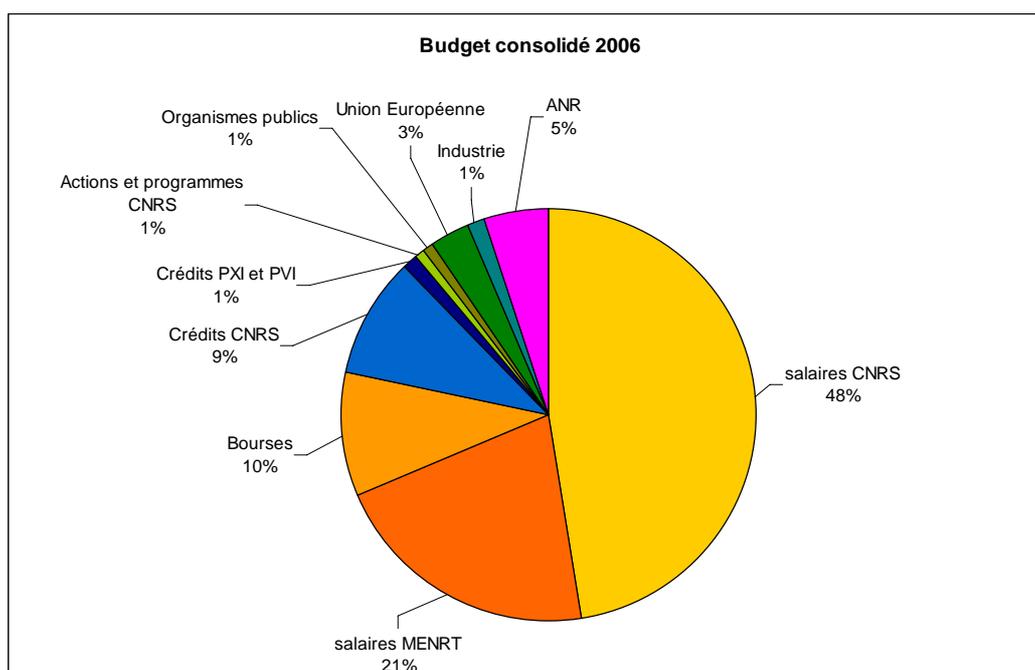
Equipe : K. Bassoulet, C. Bérézaie (gestion), N. Pain (personnel)

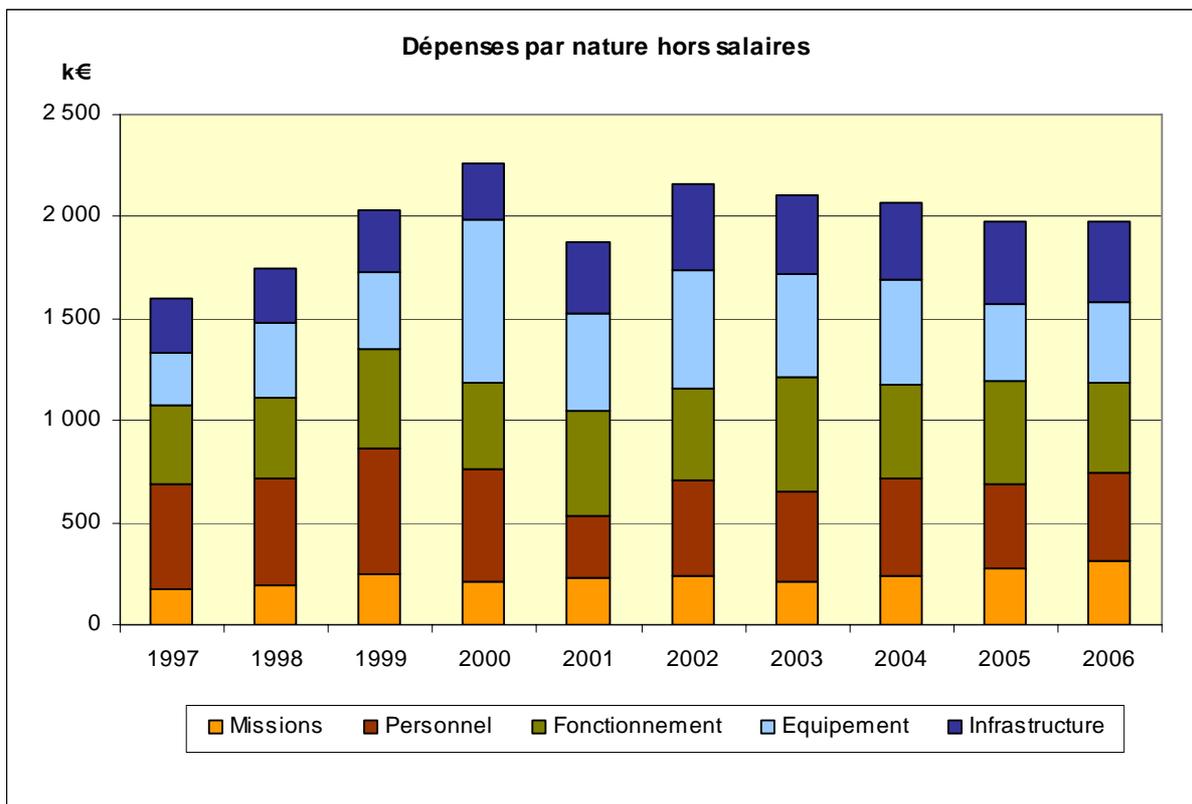
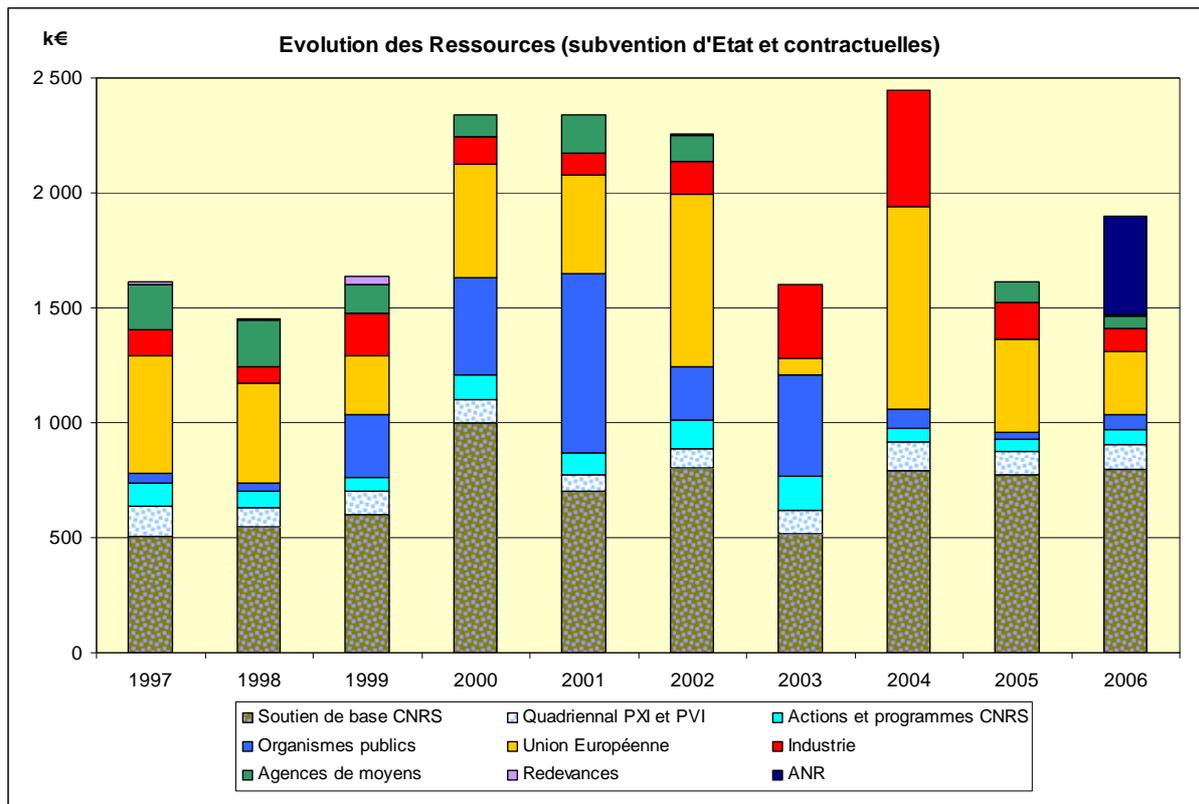
Budget du laboratoire

Le budget consolidé du laboratoire est de 8.5 M€ en 2006. Il se décompose en 6.6 M€ constituant la masse salariale, non gérée au niveau du laboratoire, et 1.9 M€ de recettes.



En 2006, la subvention d'état (CNRS, Université Paris-Sud 11 et UPMC) a représenté 48% des recettes du laboratoire, les ressources propres constituant les 52% restant. 2005 a été marquée par la mise en place de l'ANR. Ses financements atteignent, en 2006, 5% du budget consolidé du LIMSI, ce qui place les ressources obtenues de l'Agence nationale pour la recherche au premier rang de nos ressources propres pour 2006.





Gestion financière

L'harmonisation de la gestion financière du laboratoire se fait par l'intermédiaire d'une cellule de coordination de gestion qui regroupe les gestionnaires de la direction et des départements et est pilotée par l'administrateur. Elle est particulièrement utile en période d'appropriation des nouvelles réglementations et pratiques de gestion financière. Depuis 2005, avec le déploiement de la LOLF, des changements significatifs sont intervenus en matière de réglementation et de pratique de la gestion financière dans les unités de recherche : la charte de partenariat unités/délégation régionale dans le cadre des missions, le marché « missions » et le portail de réservation en ligne, la gestion financière des crédits de l'ANR. 2007 est une année particulièrement importante : la mise en place de la BFC et la mise en application de l'ordonnance du 6 juin 2005 du code des marchés publics ont un impact fort sur les pratiques de gestion financière en laboratoire.

La plupart de ces changements ont pour conséquence de renforcer la responsabilité du directeur d'unité sur le respect de la réglementation notamment celle du code des marchés publics. Cette responsabilité accrue a induit et continue d'induire une charge de travail supplémentaire dans les secrétariats. Le paysage des financements de la recherche s'est diversifié et complexifié ainsi que la gestion des crédits obtenus, qu'il faut savoir gérer de façon coordonnée au niveau de l'unité, ce qui n'est facile, ni pour la direction, ni pour les gestionnaires.

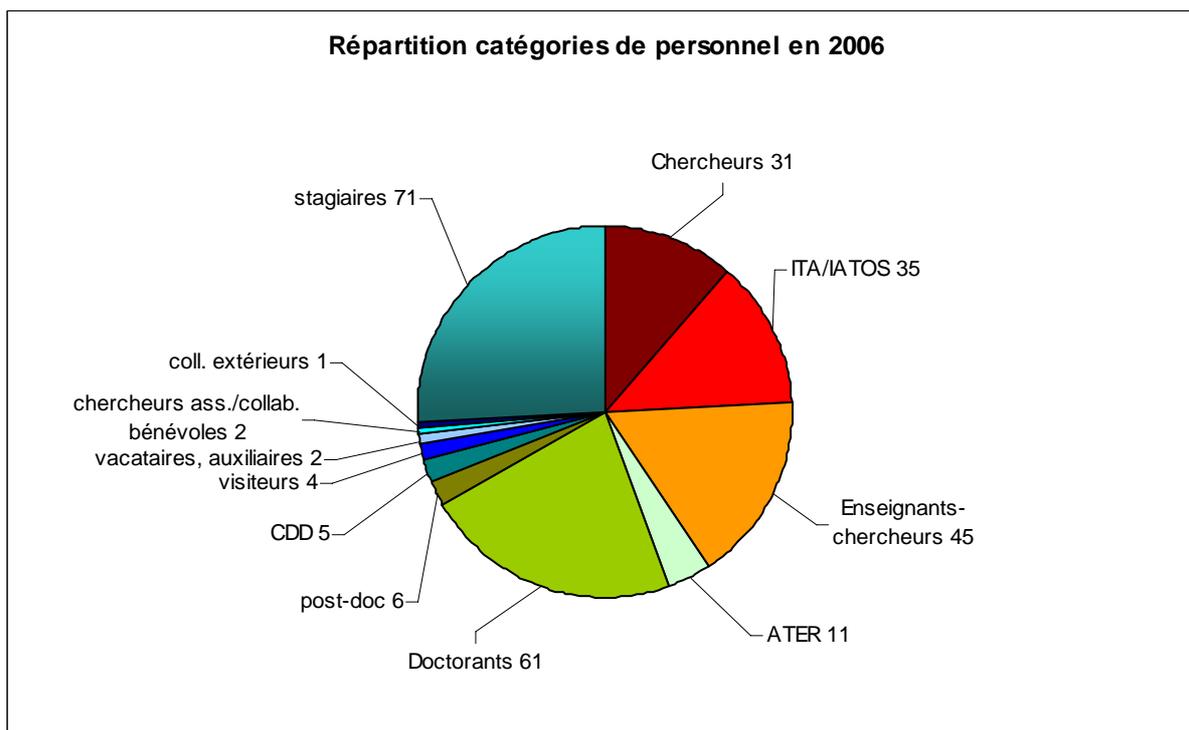
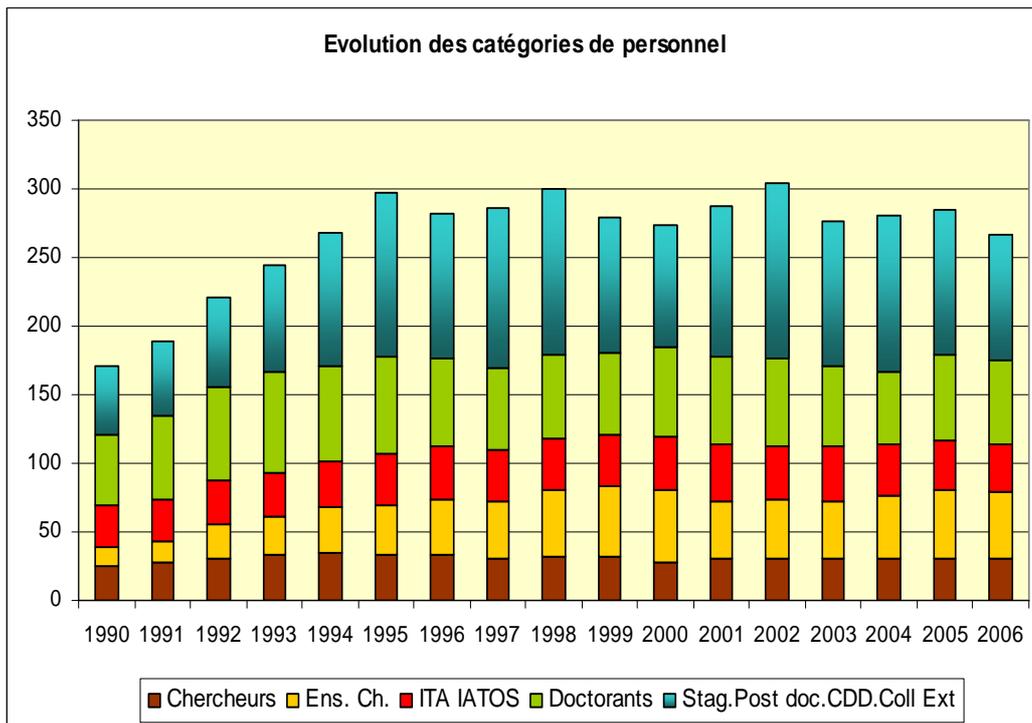
Personnels

Depuis 2005, l'effectif des ITA du groupe direction est constant, les départs ayant été compensés par des arrivées de nouveau personnel. Cependant ces départs s'accompagnent souvent de perte de compétences pour le laboratoire et la personne recrutée doit être accompagnée et formée avant d'occuper pleinement son poste de façon autonome. En particulier l'équipe AMIC, qui avait retrouvé un équilibre avec l'arrivée en fin 2001, début 2002 d'un assistant ingénieur et d'un ingénieur d'étude, est à nouveau affaiblie par les départs consécutifs des deux assistants ingénieurs en 2006 et 2007. Le recrutement fin 2006 d'un nouvel assistant ingénieur avait permis de pérenniser les compétences au sein de l'équipe mais avait impliqué une réorganisation qui est à nouveau d'actualité avec ce départ récent et qui ne pourra être que temporaire, la notion de suppléance en cas d'absence ne pouvant être très efficace avec 4 personnes dans l'équipe pour gérer notre parc informatique et notre réseau.

Renforcés en janvier 2006, les secrétariats de département ont du mal à faire face à une charge travail accrue : d'une part les multiples changements intervenus récemment ont modifié les pratiques et l'appropriation des nouvelles règles, pas toujours explicites *a priori*, demande un effort constant en plus de la charge de travail habituelle, d'autre part le contexte de multiplication des origines de financement de la recherche, la diversification des règles de dépenses et de justification sont autant de tâches supplémentaires dans une activité déjà polyvalente et diversifiée.

Le laboratoire continue d'avoir un besoin crucial et récurrent d'ITA pour le soutien à la recherche, notamment pour le développement logiciel.

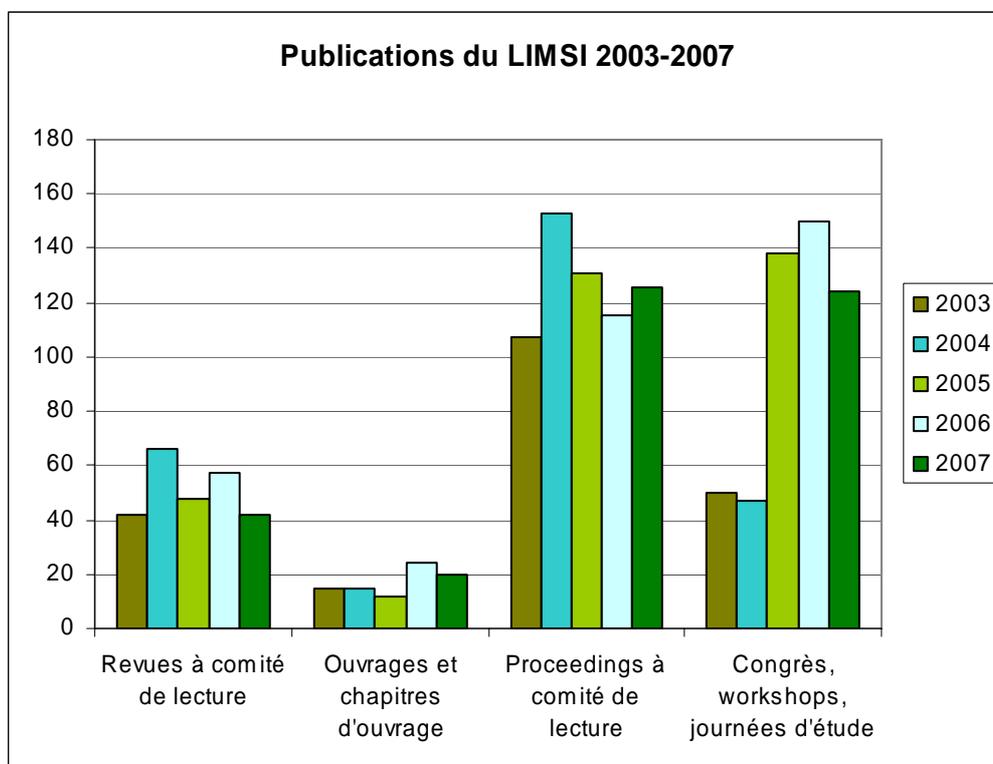
Les graphes ci-dessous illustrent l'évolution des différentes catégories de personnel du laboratoire ainsi que la répartition en 2006.



Production scientifique

Après une baisse sensible en 2003, la production scientifique du laboratoire est revenue à son niveau moyen antérieur. On peut noter une différence de pratique entre les deux départements, la mécanique publiant traditionnellement plus dans des revues à comité de lecture, le département CHM plutôt dans des conférences internationales. Bien que ce soit en grande partie du à des habitudes disciplinaires, un effort d'incitation est mené pour augmenter, d'une part les publications en revue du département CHM, et d'autre part la participation du département ME dans les congrès internationaux. Le tableau ci-dessous présente

l'évolution de la production scientifique par catégorie sur les cinq dernières années. Les chiffres pour l'année 2007 ont été arrêtés au 1^{er} novembre.

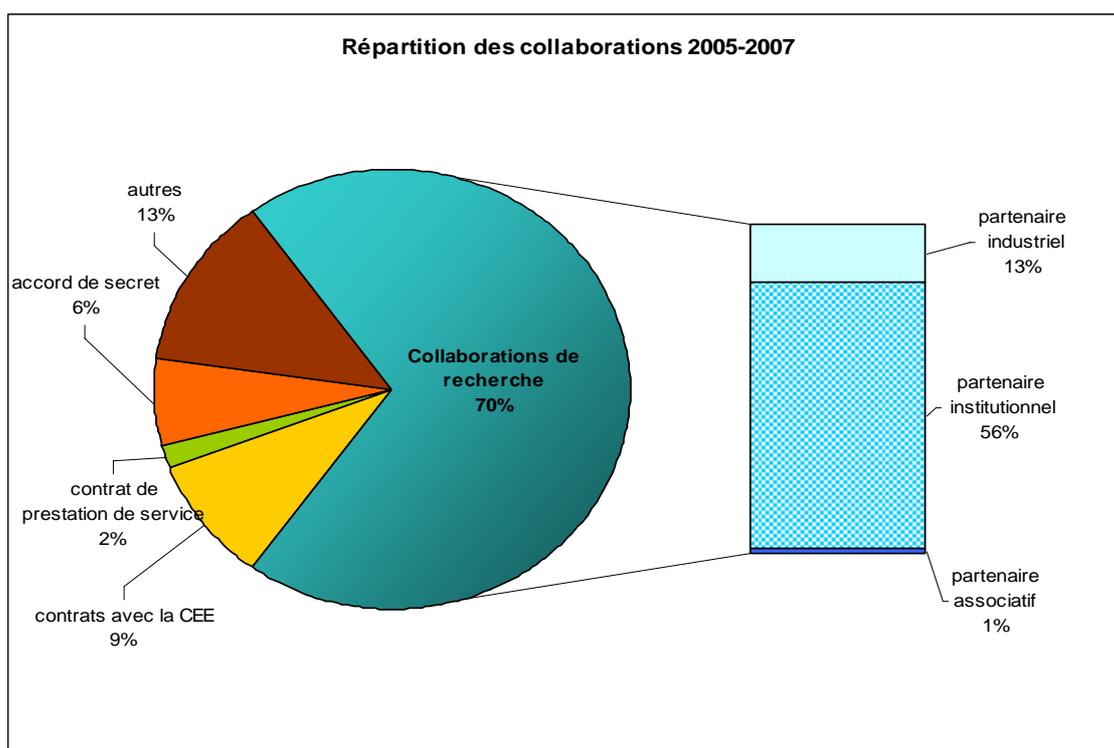


Partenariats et Valorisation

▪ La mise en œuvre des orientations de la direction du laboratoire en matière de partenariats et valorisation se fait à travers le suivi de chaque projet, dès les premiers contacts avec des partenaires potentiels. Cette démarche est accompagnée par des actions de sensibilisation aux enjeux de la propriété intellectuelle et de la valorisation des résultats de la recherche ainsi que sur les droits et obligations en matière de respect de la confidentialité, de consultance.

▪ Une attention particulière est portée pour la protection des logiciels développés au laboratoire avec des dépôts chez le notaire dans certains cas spécifiques. Une information sur la licence CeCILL est également donnée afin d'encadrer la mise à disposition des logiciels libres.

▪ Le tableau ci-dessous représente la répartition des différents types de collaborations formalisées du laboratoire pendant la période 2005-2007.



Actions de valorisation en cours au laboratoire :

▪ Pour veiller à la valorisation de son patrimoine scientifique, le laboratoire utilise les différents outils mis à sa disposition pour accomplir cette mission (dossier de valorisation, licences, concours scientifique, etc...). La direction porte une attention toute particulière en ce qui concerne les savoir-faire développés dans l'unité. Nous essayons également d'étendre les procédures de valorisation aux corpus produits par le laboratoire. Chaque projet fait l'objet d'une collaboration avec le service partenariat et valorisation de la délégation régionale pour trouver l'outil de partenariat ou de valorisation le plus adapté.

Actions de valorisation depuis 2005

Dossiers de valorisation	7+1 en cours de rédaction
Consultances	2
Concours scientifique	3+1 en cours de demande
Brevet	2
Licences	3
Dépôt APP/SCAM	4
Autre dépôt	3
Prêt de corpus	5

Plusieurs opérations de valorisation sont en cours de réalisation :

▪ **Projet de réfrigération thermoacoustique :** action de valorisation qui a bénéficié de plusieurs soutiens pour construire un prototype permettant le dimensionnement de réalisations industrielles :

- aide Anvar en 2003 (10k€)
- aide financière (75k€ en 2004) et ingénieur valorisation (12 mois en 2005) (DAE, CNRS)
- subvention du conseil général de l'Essonne (63k€ en 2005).

Le CNRS et l'UPMC ont cédé une licence à la société Hekyom, start-up du CNRS, sur les deux brevets déposés au nom du CNRS et de l'UPMC

▪ Mise à disposition du logiciel VirChor en licence GPL sur le site Sourceforge

▪ Dépôt du logiciel Opflow (vélocimétrie par image de particules), négociation d'une licence auprès d'un industriel de la métrologie

▪ Dépôts de logiciel dans le cadre de notre partenariat avec la société Vecsys

▪ Dépôt du logiciel OPERA à l'APP et d'un corpus à la SCAM en 2007, diffusion prévue en 2008

▪ Dépôt du logiciel d'entraînement spécialisé pour l'autisme à l'APP (en cours)

▪ Prêt du corpus RITEL+ à plusieurs laboratoires collaborant avec le LIMSI

Le laboratoire a établi 10 fiches décrivant l'offre technologique du laboratoire dans le cadre de Digiteo : certaines portent sur un savoir-faire présent au LIMSI, d'autres sur les logiciels développés dans l'unité.

Pour Digiteo, ce portefeuille d'offre technologique est un outil pour valoriser les connaissances et les compétences techniques, et pour favoriser de nouvelles collaborations en interne ou avec d'autres partenaires hors Digiteo.

Intitulé des fiches d'offre technologique Digiteo	
Audio 3D	Room Acoustic Design
EVI3D	Speech Processing
LSF	VirChor
Meca Flux	VRAD
Q&A	Talking Head

Organigramme du LIMSI