



Rapport scientifique



2015 - 2016

TABLE DES MATIÈRES

Bilan 2015-2016	4
Organisation scientifique	5
Organisation interne	13
Production scientifique.....	17
AERO	20
Quantification des incertitudes.....	23
Analyse de la dynamique	24
Manipulation et contrôle des écoulements	26
Équipe AERO.....	28
Contrats de recherche et valorisation	29
Production scientifique AERO 2015- 2016	30
ETCM	35
Instabilités, transition à la turbulence.....	35
Convection.....	37
Magnétohydrodynamique	40
Équipe ETCM	42
Contrats de recherche et valorisation	43
Production scientifique ETCM 2015-2016	44
TSF	48
Dymanique et transferts en fluide diphasique	48
Dynamique et transferts en fluide oscillant.....	49
Transferts thermiques solide/superfluide et aux jonctions micro-nano	50
Transferts convectifs appliqués et énergie solaire	51
Équipe TSF.....	53
Contrats de recherche et valorisation	55
Collaborations de recherche.....	55
Production scientifique TSF 2015-2016.....	56
ILES	60
Extraction et reconnaissance d'informations précises	61
Corpus et représentations	62
Multilinguisme et paraphrase.....	63
Modélisation et Traitement Automatique des Langues des Signes	64
Équipe ILES.....	65
Contrats de recherche et valorisation	68
Production scientifique ILES 2015-2016.....	70

TLP	78
Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia	78
Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots et enjeux éthiques	79
Analyse robuste de la langue parlée et système de dialogue	80
Traduction et apprentissage	81
Ressources langagières	83
Équipe TLP	84
Contrats de recherche et valorisation	87
Production scientifique TLP 2015-2016	89
AA	97
Analyse et synthèse audio	97
Prosodie Expressive	98
Son & Espace	99
Équipe AA	100
Contrats de recherche et valorisation	102
Production scientifique AA 2015-2016	103
AMI	106
Image	107
Handicap et multimodalité	108
Objets connectés	109
Visualisation d'information	109
Haptique	110
Personnel AMI	111
Contrats de recherche et valorisation	112
Collaborations de recherche	112
Production scientifique AMI 2015-2016	114
CPU	117
Interaction Affective Multimodale	119
Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles	120
Conception et Usages	120
Personnel CPU	122
Contrats de recherche et valorisation	123
Production scientifique CPU 2015-2016	124
VENISE	128
Modèles d'Interaction en RV&A	129
Modèle de Données et de Simulation	131
Personnel VENISE	134
Contrats de recherche et valorisation	134
Production scientifique VENISE 2015-2016	135
VIDA	136
Approche réflexive en art-science	137
Conférences et séminaires sur la période 2015-2016	138
Performances, concerts	138

BILAN 2015-2016

François Yvon, Anne Vilnat, Christian Tenaud et Maud Grenet

Le LIMSI est une unité propre du CNRS, implantée depuis sa création en 1972 sur le campus de l'Université Paris-Sud (U-PSUD) à Orsay. Le LIMSI est associé par voie de convention avec U-PSUD, qui est un partenaire privilégié du laboratoire; des liens historiques forts existent avec l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC), avec laquelle le laboratoire a été associé jusqu'à la fin de l'année 2013.

Le laboratoire a été fondé par Lucien Malavard (Université Paris VI), à l'occasion du déménagement de son laboratoire (le "Centre de Calcul Analogique" du CNRS) vers Orsay. Spécialiste de la Mécanique des Fluides théorique et expérimentale, L. Malavard croyait au développement des méthodes computationnelles de simulation numérique, à une époque où les calculateurs digitaux étaient loin d'atteindre les performances des machines analogiques. Signe de cette évolution, le laboratoire d'Orsay a été rebaptisé "Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur", marque de son ancrage dans les Sciences de l'Ingénieur.

Les activités du laboratoire se sont progressivement étendues pour inclure le traitement automatique de la parole, l'informatique graphique, puis un nombre croissant de thèmes relatifs à la communication entre humains et machines. Une caractéristique distinctive du laboratoire est ainsi son ouverture à un large éventail de thèmes de recherche, qui vont aujourd'hui de la thermodynamique à la psychologie cognitive, en passant par la mécanique des fluides numérique et l'informatique. La multi-disciplinarité fait partie de l'ADN du laboratoire et est facilitée par la richesse des compétences et expertises présentes au sein des groupes de recherche. Autres éléments fédérateurs : le partage d'un fond commun d'outils mathématiques (probabilités et statistiques, optimisation, traitement du signal, résolution d'équations aux dérivées partielles, etc.), un attachement à une certaine forme d'empirisme, qui confronte des modèles et des simulations informatiques à des données réelles, issues d'expériences ou de collectes à très large échelle, en combinant des outils d'analyse statistique et de la visualisation de données.

Nos travaux de recherche répondent à des demandes sociales multiples. Les attentes sont ainsi fortes pour ce qui concerne le traitement automatisé des vastes flux d'informations qui nous dépassent, comme pour ce qui concerne la conception d'interfaces de communication plus naturelles et plus intuitives entre l'humain et la machine. Une autre partie de nos travaux s'intéresse à l'étude de dispositifs artificiels pour faciliter les processus d'apprentissage ou d'acquisition de connaissances, ou encore pour compenser, en les augmentant de capacités cognitives de substitution, des personnes âgées ou en situation de handicap. Les attentes ne sont pas moins pressantes pour ce qui concerne la conception de processus industriels énergétiquement plus efficaces et de moyens de transports plus sûrs et plus économes en ressources.

Pour atteindre ces buts ambitieux, il est nécessaire de progresser dans les savoirs les plus fondamentaux. Le LIMSI contribue ainsi à la production de connaissances dans les champs disciplinaires concernés par ces grands défis sociétaux, en particulier dans le domaine des sciences et technologies des langues, en mécanique des fluides et en énergétique, en interaction homme-machine, en psychologie cognitive et en ergonomie. Ceci implique de concevoir, de développer, d'analyser et d'évaluer des méthodes et algorithmes innovants dans des domaines variés tels que le traitement de signal, l'apprentissage automatique, la modélisation multi-échelle et multi-physique, les systèmes dynamiques et le contrôle en boucle fermée, de manière à améliorer la capacité prédictive de nos modèles, ou à les rendre plus robustes au bruit, aux erreurs de modélisation ou à des conditions changeantes. De tels objectifs peuvent être atteints, par exemple, en prenant en compte de nouveaux facteurs physiques ou humains, en capturant plus finement la variabilité des paramètres, mais également en quantifiant la sensibilité des algorithmes vis-à-vis d'erreurs de mesure ou de modèle, ou en construisant de nouvelles ressources annotées ou des bases de données.

Il existe de multiples manières d'évaluer l'activité d'un laboratoire de recherche: à l'aune des mesures standard de qualité en vigueur au sein de nos communautés scientifiques respectives; mais également en appréciant l'impact de nos travaux en relation avec des objectifs plus appliqués : dépôt de brevets, ou de logiciels, transfert vers l'industrie, création de sociétés, implication dans des actions pédagogiques ou artistiques à destination du grand public, etc. Pour ce qui concerne le traite-

ment automatique des langues, un troisième indicateur de la qualité se déduit des résultats des nombreuses évaluations « compétitives » entre équipes académiques sur des jeux de données standardisés. C'est en particulier le cas dans le domaine de la reconnaissance vocale, avec un historique de près de 25 années de participation aux évaluations du DARPA américain, ou plus récemment sur des tâches de traitement de données écrites dans le but de recherche d'information précise, d'extraction d'information ou de traduction automatique. De même, les équipes de mécanique des fluides numérique prennent régulièrement part à des expériences de benchmarking sur des défis de résolution des équations de Navier-Stokes ou de mesure de champs de vitesse dans des configurations avec une physique de plus en plus riche. Cette culture de l'évaluation est un autre trait partagé par de nombreuses équipes de l'unité.

Laboratoire multi- et pluri-disciplinaire, le LIMSI est rattaché à quatre instituts du CNRS : à titre principal à l'Institut des Sciences de l'Information et de leurs Interactions (INS2I), et à titre secondaire à l'Institut des Sciences de l'Ingénieur et des Systèmes (INSIS), à l'Institut des Sciences Humaines et Sociales (INSHS), et à l'Institut des Sciences Biologiques (INSB).

A - Organisation scientifique

Le LIMSI est organisé en deux grands départements scientifiques : le département de Mécanique Énergétique (ME) et le département de Communication Homme-Machine (CHM); ces deux départements sont structurés respectivement en trois et six groupes de recherche. Une action thématique transversale, VIDA, abrite des activités collaboratives entre groupes et départements sur la thématique « Arts et Sciences ».

► Département de Mécanique Énergétique (ME)

Les activités du département sont organisées en trois groupes de recherche :

- *Aérodynamique Instationnaire : Turbulence et Contrôle (AERO);*
- *Écoulements Transitionnels et Couplages Multi-physiques (ETCM);*
- *Transfert Solide-Fluide (TSF).*

Ces trois groupes développent conjointement et partagent un grand nombre de méthodes, à la fois numériques et expérimentales. Cette diversité des méthodologies et des objectifs se décline selon deux domaines principaux : mécanique des fluides et transfert et énergétique, qui transcendent la structuration en groupe et fournissent une cohérence globale à notre projet scientifique.

La Mécanique des Fluides et les transferts de chaleur et de masse sont des disciplines scientifiques au cœur de nombreux défis sociétaux dans les domaines de l'énergie, du transport, de l'environnement et de la santé. Ces domaines applicatifs nécessitent des progrès continus. Ainsi, les recherches dans le département Mécanique-Energétique visent à consolider les théories, améliorer les modélisations, rendre les simulations numériques plus performantes, perfectionner les processus en les optimisant et en les contrôlant. La variété des activités du département provient de la gamme d'échelles qui sont considérées, à partir de nanomètres en nano-thermique à des dizaines de mètres en aérodynamique externe; de la gamme de vitesses étudiée, des écoulements incompressibles aux effets de compressibilité en passant par la propagation du son; de la variété des méthodes d'analyse, couvrant à la fois les techniques numériques et expérimentales; de la variété des méthodes numériques qui sont utilisées ou en cours de développement, déterministes ou stochastiques, multi-échelles, ainsi que des méthodes d'ordre réduit; et de la variété des objectifs, de l'avancement de la connaissance pure à la preuve de concept.

Notre laboratoire est reconnu pour ses compétences dans les développements méthodologiques liés à la simulation numérique et à la modélisation qui restent indispensables au progrès scientifique dans le domaine de la mécanique des fluides et de l'énergétique. Notre objectif est ici de concevoir des méthodologies numériques innovantes pour la dynamique des fluides et des transferts, en intégrant les nouvelles générations de calculateur et les capacités de calcul à très haute performance des années futures. Nos avancées sur les méthodes numériques pour la simulation haute performance, capitalisées dans les logiciels massivement parallèles (BLUE, CHORUS, HELIX, SFEMaNS, SUNFLUIDH, qui ont fait l'objet de dépôts de licence), nous permettent de mettre l'accent sur les phénomènes multi-physiques pour mieux les prédire et guider les expériences. Le LIMSI a organisé la 14^{ème} édition de l'École de Mécanique des Fluides Numérique dont le thème était consacré aux *écoulements multiphasiques et multi-espèces*. Le portage des codes de simulation sur les nouvelles architectures hybrides nécessite un investissement humain important. Bien que les activités supports aux développements de logiciel aient été mutualisées dans la cellule P2I (Pôle d'Ingénierie Informatique), la décroissance des forces fragilise le développement et le maintien des logiciels de recherche en mécanique des fluides et en transferts de chaleur et de masse. Le maintien des compétences est pourtant stratégique dans le domaine de la simulation intensive vis-à-vis de nos partenariats avec les EPIC et le tissu industriel, notamment dans le contexte de Paris-Saclay.

Le LIMSIS accueille une des rares équipes de recherche en Europe dont l'activité est liée à la *Quantification d'Incertitudes (UQ)*. Renforcée par l'arrivée en mutation de Didier Lucor¹, cette activité de recherche de haut niveau a atteint une masse critique évidente et, de ce fait, a été affichée comme un thème (groupe AERO). Grâce à la complémentarité entre la simulation numérique haute performance et la Quantification d'Incertitudes, cette activité présente une grande visibilité avec de nombreuses collaborations internationales. Didier Lucor est notamment coordinateur d'un "Special Interest Group" d'ERCOFTAC intitulé "Uncertainty Quantification in Industrial Analysis and Design". D'importants efforts ont été consacrés pour développer des méthodologies non-intrusives pour la quantification d'incertitudes et des techniques UQ pour traiter les problèmes d'inférence et d'identification de modèles complexes. Les outils de simulation du laboratoire ont également été utilisés pour analyser la sensibilité paramétrique dans divers domaines d'applications (biomédicales, aérodynamiques ou géodynamiques). Les applications au domaine biomédical ont récemment trouvé une continuation dans une collaboration², initiée par un PEPS INSIS, concernant les écoulements (diphases) dans un réseau de micro-vaisseaux. Ces travaux sont amenés à évoluer dans le cadre du projet fédérateur autour du BioMedical Engineering qui est soutenu par plusieurs départements de recherche de l'Université Paris-Saclay (EOE, SDV, ...).

Contrôler les écoulements et tendre vers la maîtrise de la turbulence constituent un défi majeur qui impacte un grand nombre d'applications dans les domaines des sciences de l'ingénieur. En premier lieu, il est crucial de comprendre les mécanismes de naissance et de croissance des instabilités ainsi que le déclenchement et le développement de la transition vers la turbulence. Les instabilités et la transition d'écoulements dominés par les effets de rotation ou de cisaillement constituent des domaines d'étude très fortement soutenus au laboratoire. Le développement des instabilités dans les écoulements tournants et re-circulants est devenu un sujet d'étude classique car ce sont des situations génériques qui permettent de mieux appréhender les phénomènes physiques en géodynamique à l'échelle terrestre, ou dans les installations industrielles au cœur des machines tournantes de production d'énergie. L'originalité apportée par le LIMSIS réside dans le fait que le développement des instabilités dans les systèmes en rotation est conjointement étudié grâce à des expériences et à des simulations numériques menées sur les configurations expérimentales. La confrontation entre ces deux approches permet de guider le développement d'outils de calcul notamment pour la prédiction fiable des seuils de transition d'écoulement en fonction de paramètres de contrôle³. Les instabilités sont également étudiées dans des situations où le moteur est dû à des gradients de température ou de masse, à des changements de phase ou à un couplage entre thermique et acoustique. Ces études s'inscrivent dans la continuité des travaux déjà réalisés pour ce qui concerne les cellules à grande échelle de Rayleigh-Bénard, les instabilités de surfaces libres en diphasique ou le transfert d'énergie mécanique/thermique en thermoacoustique. De nouveaux thèmes ont émergé, notamment sur les écoulements à surface libre de liquide en caléfaction. Dans l'ensemble de ces situations, les études s'appuient sur des simulations numériques directes ou à grandes échelles (DNS/LES) performantes. Dans la mesure du possible, les résultats numériques sont comparés aux données expérimentales dans le but de valider des modèles physiques pertinents.

Les compétitions entre modes d'instabilités peuvent s'instaurer lors de couplages multi-physiques. C'est notamment le cas dans les écoulements MagnétoHydroDynamiques (MHD) qui est un sujet d'études très actif au LIMSIS. Ce thème, initialement tourné vers la compréhension de la dynamo des planètes telluriques (effet dynamo dans l'expérience "Von-Karman Sodium"), a su grandement diversifier ses applications ces dernières années pour étudier le couplage qui existe entre les effets MHD et la nature diphasique des composants⁴. Cela a notamment été le cas des études sur les batteries à métaux liquides qui ont permis de montrer quels étaient les risques de pincement de la couche de sels fondus pouvant conduire à un court-circuit. Des considérations écologiques amènent à étudier, par ailleurs, des huiles ensemencées par des nanoparticules magnétiques comme une alternative aux huiles issues du pétrole, au sein des transformateurs⁵.

L'étude du mélange Lagrangien de traceurs passifs dans les écoulements incompressibles est fondamentale pour déterminer les propriétés de mélange du système à haut nombre de Schmidt. Grâce à la théorie du chaos couplée à des simulations numériques haute-fidélité, une quantification des propriétés de mélange a pu être établie au sein d'une cavité différentiellement chauffée⁶. Ces études ont récemment trouvé un prolongement dans la motilité des micro-organismes vivant dans un milieu aquatique. Dans le cadre d'une collaboration avec l'Université Paris-Diderot, l'effet

1 en provenance de l'Institut Jean Le Rond d'Alembert (UPMC).

2 avec S. Pître-Champagnat, IRAM, U-PSud.

3 étude soutenue par le projet ANR ETAE, pilotée par Laurent Martin-Witkowski.

4 Thèse de L. Cappanera (décembre 2015) : « stabilisation non linéaire des équations de la magnétohydrodynamique et applications aux écoulements multiphasiques ».

5 Projet Nano-In-Oil du Labex LaSIPS, collaboration avec le GeePs.

6 Thèse de L. Oteski sur financement EADS.

du stress hydrodynamique sur la motilité des micro-organismes a été décrit par un modèle suivant les différentes phases de leur cycle de croissance. Très récemment, une collaboration avec le FAST a débuté pour étudier le mélange et le transport par des micro-nageurs.

Au delà de l'étude sur la naissance et la croissance des instabilités, la compréhension au niveau fondamental des mécanismes régissant la transition vers la turbulence est un enjeu capital pour la maîtrise des consommations énergétiques. Cette compréhension est donc un des objectifs prioritaires du laboratoire, notamment pour ce qui concerne la transition sous-critique dont les études, qui bénéficient de collaborations internationales fructueuses, se positionnent au tout premier plan mondial. Dans ce domaine, des avancées significatives ont été obtenues sur la description de la dynamique des structures cohérentes typiques du régime transitionnel et sur la compréhension des mécanismes physiques⁷ responsables de l'auto-entretien et de l'instabilité de ces structures. Dans le cas des écoulements turbulents pleinement développés, la modélisation, la représentation des données et la réduction de la complexité restent des points clés pour l'extraction de caractéristiques physiques des écoulements à hauts nombres de similitude (Reynolds, Rayleigh, ...). Des modèles synthétiques de conditions aux limites pour des écoulements proches des parois ont été dérivés qui permettent un gain de temps remarquable tout en conservant une prédiction fiable.

Par ailleurs, le contrôle reste un des moyens pour maîtriser l'efficacité énergétique des systèmes et concevoir des systèmes énergétiques plus performants. Notre activité autour du contrôle des écoulements est une activité particulièrement forte et visible du laboratoire. Elle s'est intensifiée cette dernière année grâce à l'arrivée de Bernd Noack⁸. Elle est également soutenue par le Lidex ICODE (Université Paris-Saclay) relatif à "l'aide à la décision et la maîtrise des processus dynamiques complexes". Une partie de ces activités s'est concentrée sur le contrôle des instationnarités (écoulements de cavité⁹ et bruit de jet¹⁰). L'autre partie s'intéresse aux techniques de contrôle en boucle fermée basées sur des méthodes d'apprentissage statistique qui a été notamment renforcée par les activités de Bernd Noack. Des techniques d'Apprentissage Artificiel (*Machine Learning*, en particulier) ont été utilisées, fruit d'un travail collaboratif entre les deux départements (groupes AERO et TLP). Ceci permet d'aborder des aspects de contrôle non-linéaire qui se positionnent parfaitement dans le Lidex ICODE et le LIMSI a une nouvelle fois participé à l'organisation de l'Ecole d'été internationale de dynamique non-linéaire de Peyresq (août 2015), grâce à la contribution financière de ce Lidex.

L'efficacité énergétique et la gestion raisonnée de l'énergie sont des thématiques au cœur de nos préoccupations sur lesquelles nous continuons de faire porter nos efforts de recherche. Nos travaux vont d'une meilleure connaissance des phénomènes physiques dans des situations isolées, à l'amélioration de l'efficacité énergétique des systèmes ou d'un ensemble de systèmes, en passant par l'étude du couplage entre phénomènes dans les systèmes énergétiques. Ces dernières années, nos travaux se sont remarquablement enrichis de nouveaux contextes applicatifs liés à la production d'énergies renouvelables ou à la réduction d'émissions polluantes. L'ensemble des travaux sur les transferts de chaleur, l'efficacité énergétique et la gestion raisonnée de l'énergie, est supporté à différents niveaux par des actions nationales (GDR, ANR, PEPS) ou régionales (Université Paris-Saclay, Labex). C'est une activité qui est centrale dans l'Université Paris-Saclay et à laquelle nous participons activement au travers de différents projets (ALEPH, MISTIGRID, IRS G4E, GT Energie, ...).

L'étude des transferts de chaleur à l'interface solide/liquide à très basse température reste encore un défi pour l'établissement de nouvelles lois physiques et la compréhension de la dissipation d'énergie dans les micro- ou nano-dispositifs. Des résultats marquants ont été obtenus conjointement avec le laboratoire EM2C, sur le rôle que jouent les rugosités de surface dans la résistance de Kapitza.

L'importance du couplage entre la convection et le rayonnement des parois a été démontrée dans les années passées. Les travaux¹¹ développés en collaboration avec l'institut Pprime et le LaSIE de l'Université de La Rochelle ont considéré le couplage convection/rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh en ambiances habitables, en tenant compte de la nature du fluide (gaz) dans l'apport du rayonnement. Un important travail d'intégration des méthodes numériques liées au traitement du rayonnement vers des calculateurs à architecture massivement parallèle a été effectué pour atteindre des performances remarquables dans le cas d'un parallèle

7 Thèse de S. Acharya Neelavara (en cours) : « Étude numérique de la transition vers la turbulence dans l'écoulement de Poiseuille plan, dans l'espace physique et dans un espace de phase ».

Thèse de T. Khapko (2016), en collaboration avec KTH, Stockholm : « Edge states and transition to turbulence in boundary layers ».

8 En provenance de l'Institut PPRIME de Poitiers

9 Thèse de M.-Y. Rizi (juin 2015), en collaboration avec le SATIE, ENS-Paris-Saclay : « Commande performante et robuste d'un écoulement de cavité ».

10 Projet ANR Cool-Jazz, LadHyX, Pprime et LIMSI.

11 Thèse de L. Cadet (octobre 2015) : « Étude du couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh en ambiances habitables »

lisme hybride. Dans un contexte plus appliqué, les effets de la ventilation naturelle sur le comportement thermique d'un bâtiment¹² ont été étudiés. Les aspects liés au couplage entre la conduction, la convection et le rayonnement ont également été considérés pour optimiser les processus de production d'électricité à partir de l'énergie solaire, thermodynamique, ou photovoltaïque¹³.

Concernant les machines frigorifiques, les grands volumes de réfrigérants à base de gaz à très fort effet de serre vont être progressivement remplacés par des circuits secondaires de distribution de froid. Dans ce cadre, nous avons engagé des études sur l'optimisation des performances énergétiques des machines utilisant des coulis d'hydrates mixtes mettant en jeu le CO₂, pour leur température de fusion ajustable. Les performances énergétiques ont tout d'abord été étudiées¹⁴ en fonctionnement stationnaire des systèmes. Un modèle dynamique d'une boucle de distribution de froid a ensuite été proposé¹⁵, capable de simuler les transitoires rapides. Il permettra à terme d'élaborer des stratégies de contrôle pour maximiser l'efficacité énergétique de telles boucles.

Enfin, l'utilisation des concentrateurs solaires pour la production d'électricité par centrale thermodynamique est une solution de plus en plus attractive. Néanmoins, le comportement dynamique et les bonnes stratégies de contrôle pour cette technologie demandent encore à être étudiés. Grâce à un couplage entre la modélisation de la concentration optique et des transferts thermiques au sein du récepteur, la simulation du comportement d'un capteur¹⁶ a été réalisée sur une journée, en tenant compte de la variabilité de l'insolation (passages nuageux).

En complément des études menées au sein du département, nous réalisons également des recherches pluridisciplinaires en collaboration avec les groupes du département Communication Homme-Machine. Depuis plusieurs années, nous nous intéressons à la production vocale qui nécessite de suivre une démarche pluridisciplinaire combinant la mécanique des fluides, l'acoustique et les interactions fluide/structure déformable. Cette activité, soutenue par le LIA "Physique et Mécanique des Fluides" (LIA PMF), avec l'Argentine, se trouve à l'interface entre les groupes AERO et AA. Cette activité permet de mieux comprendre la participation de la dynamique du jet glottique à la production vocale.

► Département Communication Homme-Machine (CHM)

Deux axes principaux se dégagent dans les recherches menées au LIMSI sur les thématiques de la Communication Homme-Machine :

- les interactions avec la machine entendues dans un sens très large, à savoir les multiples moyens tant matériels que logiciels qui peuvent être envisagés pour établir un lien entre l'humain et un ordinateur (quelle que soit la forme que celui-ci revêt),
- le traitement automatique des langues pour établir des échanges entre humain et ordinateur, ou des communications entre humains médiatisées par une machine.

Ces deux axes structurent les recherches du Département Communication Homme-Machine, qui s'organisent en six groupes de recherche et une action transversale.

L'interaction est au cœur de quatre groupes. À la frontière entre informatique, psychologie et ergonomie, le groupe CPU (Cognition, Perception et Usages) mène des recherches pluridisciplinaires sur la conception et l'évaluation d'interfaces. Le groupe AMI (Architectures et Modèles pour l'Interaction) est plus centré sur la définition de nouveaux paradigmes d'interaction passant d'interactions statiques et figées pour devenir ouvertes et dynamiques. L'interaction et la collaboration en situation immersive constituent le cadre des recherches menées dans le groupe VENISE (Virtual & augmented Environments for Simulation & Experiments). Au sein du groupe AA (Audio & Acoustique), les études concernent les sons produits par les humains et plus généralement les environnements sonores. De ce fait ce groupe est à la frontière entre l'axe Interaction et l'axe Traitement des Langues.

12 Thèse de S. Wullens (avril 2015), en collaboration avec INES, Chambéry : « Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en œuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment »

13 en collaboration avec le GEEPs dans le cadre d'un projet LaSIPS.

14 Projet Formhydable du PEPS Energie de l'INSIS-CNRS, en collaboration avec IRSTEA.

15 Projet ANR Crisalhyd, piloté par IRSTEA.

16 Thèse de E. Tapachès (avril 2015), en collaboration avec le laboratoire Piment de l'île de la Réunion : « Estimation du Potentiel de la Technologie Solaire Thermodynamique à Concentration en Climat Non Désertique - Application à La Réunion »

Le processus de communication par la parole, allant du traitement du signal à la sémantique, constitue le noyau des recherches développées dans le groupe TLP (Traitement de la Parole). Le groupe ILES (Information, Langue Écrite et Signée) se centre sur l'étude de la langue qu'elle soit écrite ou signée, qu'elle serve à communiquer ou comme source d'information. Ces deux groupes de recherche permettent au LIMSI d'être un des seuls laboratoires à traiter tous les aspects de la langue (orale, écrite ou signée).

L'ensemble de ces recherches constitue un continuum où les frontières de groupes sont souvent franchies par les différents travaux menés dans le département. C'est la raison pour laquelle de nombreuses collaborations entre ces groupes de recherche existent, sur des thématiques variées qui évoluent au cours des années. Parmi ces collaborations, la thématique VIDA (Virtualité, Interaction, Design & Art) va au-delà du Département, en réunissant l'ensemble des chercheurs du laboratoire autour des recherches mêlant Sciences de l'ingénieur et création artistique contemporaine.

Le traitement de la langue est une thématique pour laquelle le laboratoire est reconnu depuis longtemps. Au-delà de s'intéresser à toutes les modalités que celle-ci peut recouvrir, il est à noter l'évolution qui conduit à s'attaquer à des données langagières de plus en plus hétérogènes (pouvant même mêler plusieurs modalités), et d'une grande variété, tant dans les domaines abordés (langue de spécialité, langue générale) que dans les genres (parole et/ ou sous-titres dans des séries télévisées, forums, tweets) et la variété des langues traitées (des langues très riches en ressources comme l'anglais ou le français, ou très peu dotées). Sur ce dernier point, les travaux ont porté aussi bien sur la reconnaissance, que sur l'identification de termes ou sur la traduction. L'absence de ressources met de nombreuses langues en danger, et les recherches se sont focalisées sur les transferts qu'il était possible de faire à la fois pour faire bénéficier les langues peu dotées des résultats obtenus grâce à l'outillage existant sur les langues disposant de nombreuses ressources, et pour créer des ressources pour ces langues. Ces recherches ont été l'occasion de se poser des questions fondamentales tant sur les aspects linguistiques que sur les propriétés des modèles utilisés.

En contrepoint de la reconnaissance de la parole, les recherches en synthèse vocale se sont axées sur la synthèse de la voix chantée, et ont eu un très fort impact en particulier dans les arts numériques.

La variation dans les langues est étudiée à plusieurs niveaux. Tout d'abord, au niveau de la phonétique, des études ont porté d'une part sur de très grands corpus de parole sur les variantes non reconnues par les systèmes de reconnaissance de la parole. Toujours dans ce domaine, l'étude et la documentation des accents (tant en français que plus largement dans les langues romanes) se sont poursuivies dans le but de fournir des atlas dialectologiques. Au niveau sémantique, l'étude de la paraphrase s'est développée sur deux axes : l'étude de mesures de similarité pour évaluer la proximité d'énoncés, et l'acquisition de paraphrases pour aider à la lisibilité des textes (passer du vocabulaire médical à du vocabulaire grand public, pour un système de dialogue avec un patient par exemple), pour caractériser la complexité textuelle sur le plan lexical ou discursif, ou encore pour faire de la post-édition sur des résultats de traduction.

La reconnaissance d'entités ainsi que de relations sémantiques ou d'événements reste une thématique forte du laboratoire, permettant d'explorer les masses de plus en plus importantes de textes ou d'enregistrements (sonores) pour en tirer des informations pertinentes par rapport à un besoin exprimé par un utilisateur, que ces informations soient générales dans des textes journalistiques ou spécialisées sur un domaine, comme c'est le cas des textes médicaux. Ces informations peuvent aussi servir à enrichir des bases de connaissances structurées, ou produire des annotations enrichissant les textes, améliorant leur analyse ultérieure. Caractériser un événement et reconnaître les chronologies temporelles entre plusieurs événements a été au cœur de nos travaux à la fois avec les journalistes (agrégation événementielle) et dans le domaine médical (suivi d'un patient). Ces recherches se sont menées en lien avec les travaux en visualisation d'informations.

Plus récemment la thématique de *l'informatique affective* s'est développée sur plusieurs axes : la modélisation des processus émotionnels dans les interactions au cours de dialogue, que ce soit lors d'interactions homme-machine avec des robots, ou dans des dialogues entre humains, l'expression multimodale d'émotions dans des agents virtuels, la stimulation tactile lors d'interaction haptique avec des robots ou encore la détection d'opinions et de sentiments dans des textes, avec notamment la détection d'ironie dans les tweets. Ces travaux ont également conduit à se poser des questions d'éthique, liées au développement de la robotique et aux relations des robots avec les humains.

Nos recherches sur la *modélisation du dialogue* illustrent notre démarche avec, à la fois, la poursuite de recherches fondamentales sur la modélisation des conversations fondée sur une approche non supervisée, et le développement d'un projet maturation de la SATT (PVDial).

Pour mener à bien ces recherches sur la langue, quelle qu'en soit la forme, il est nécessaire de disposer de grands volumes de données dans lesquelles on peut observer les propriétés, vérifier les hypothèses, apprendre des représentations. Pour cette raison, le laboratoire a une longue tradition de constitution de corpus, et (ce qui en fait la richesse) de schémas d'annotation. Ces ressources servent également à la mise en place de campagnes d'évaluation, activités dans lesquelles le laboratoire reste très engagé au niveau international, que ce soit comme organisateur ou comme participant.

Un point fort du laboratoire est de traiter l'ensemble des langues, y compris les langues des signes, sur laquelle les chercheurs ont acquis une expertise largement reconnue, tout particulièrement pour l'explication de leur nature et donc des représentations qu'on peut en construire, ainsi que, là encore, pour le recueil et l'annotation de corpus. Du fait de la nature visuo-gestuelle de ces langues, elles impliquent des collaborations pluridisciplinaires, en particulier entre STIC, sciences du langage et du mouvement. Ces recherches sont en lien avec celles menées en interaction sur les agents virtuels et expressifs, et sur l'analyse d'activité dans les images pour identifier les mouvements. Plus généralement, les recherches en traitement d'images, principalement dirigées vers les applications de Réalité Augmentée basée sur la projection, ont été poursuivies, essentiellement au travers de plusieurs thèses, dans un environnement international. De nombreuses collaborations avec des artistes sont menées dans ces thématiques, donnant lieu à des réalisations valorisées dans le cadre de l'action transversale VIDA.

Un projet important initié au cours de ces deux années couvre un vaste programme concernant l'*usage des objets connectés* dans la vie de tous les jours (comme régler la température des pièces en fonction des personnes qui y vivent), mais aussi les objets qui aident les personnes âgées dans leurs actions quotidiennes, en impliquant des industriels et plusieurs équipes du LIMSI et de laboratoires environnant, ainsi que des collaborations internationales. Ce projet couvre le spectre de l'étude de problématiques fondamentales à des aspects plus technologiques, en relation avec la SATT Paris-Saclay.

Au-delà des aspects de réalité augmentée traitée dans ces travaux, l'étude des collaborations co-localisées dans les *environnements immersifs* sont au cœur des recherches menées grâce à l'équipement de réalité virtuelle. Dans ce même environnement, les recherches en bioinformatique ont elles aussi permis de poursuivre des collaborations fructueuses avec l'IBPC¹⁷ pour développer des modèles de visualisation de données de simulation numérique.

L'étude des deux facettes de l'interaction homme-machine, à savoir l'humain qui l'utilise, ainsi que le système qui la permet, sont au centre des recherches sur la cognition humaine, la conception et les usages des interactions. Ces recherches ont donné lieu à de nombreux projets, comme celui de formation d'équipes médicales d'urgence, ou de gestion du stress lors d'entretiens d'embauche, qui sont des terrains d'application concrète des concepts fondamentaux sous-jacents.

Les caractéristiques communes de l'ensemble de ces recherches sont d'une part de présenter un fort *aspect pluridisciplinaire*, d'autre part de s'attacher à développer des travaux faisant une large place à l'expérimentation, et à l'évaluation des recherches. La pluridisciplinarité se joue à la fois en interne, puisque des chercheurs relevant de plusieurs sections du CNU (pour les enseignants-chercheurs) ou du CoNRS (pour les chercheurs) sont présents au sein du laboratoire, et en externe. Ainsi, des psychologues et des ergonomes font partie du groupe CPU, et collaborent avec d'autres groupes du laboratoire pour concevoir et évaluer des interactions mettant en jeu des humains et des machines. Des chercheurs relevant de la section 34 du CoNRS, relevant donc plutôt de la linguistique, sont présents que ce soit pour la compréhension ou la perception de la parole (dans les groupes AA et TLP). Les acousticiens (à la frontière avec le département de Mécanique Énergétique) participent aux recherches sur la perception des environnements sonores. Quand les collaborations pluridisciplinaires ne se font pas en interne, elles se font en relation avec d'autres laboratoires. Ainsi, les recherches du groupe ILES sur le traitement de la langue médicale se font en relation avec des chercheurs de l'INSERM, et celles sur le traitement de la langue des signes avec des linguistes de Paris 8. Les recherches sur l'interaction avec des robots se font en collaboration avec des roboticiens de l'ENSTA, et plus généralement celles sur le mouvement avec le CIAMS¹⁸.

La qualité expérimentale des recherches menées au laboratoire se traduit par l'existence de plusieurs *plateformes de recherche* utilisées par les chercheurs. La plus importante d'entre elles est constituée par l'équipement EVE (Environnement Virtuel Évolutif), qui permet d'étudier les aspects multi-sensoriels et collaboratifs des interactions humaines au sein de mondes virtuels. Depuis plusieurs années, cet environnement est spécifié et mis en œuvre par des chercheurs et des ingénieurs du LIMSI. Il fait partie de l'Equipe Digiscope au sein de Paris-Saclay. Des équipements

¹⁷ Institut de Biologie Physico-Chimique

¹⁸ Complexité, Innovation, Activités Motrices et Sportives

permettent de tester des rendus audio-acoustiques variés, que ce soit pour reconstituer une acoustique virtuelle (pour simuler le rendu sonore de lieux disparus), en relation avec EVE ou à l'extérieur de cet équipement lourd. Des équipements plus légers sont régulièrement mis en place dans des salles dédiées de façon à tester des interactions variées entre le monde physique, les humains et les machines. Pour le traitement de la langue des signes, il est nécessaire de développer des outils de capture des mouvements de signeurs humains pour modéliser ensuite des signeurs virtuels. Là encore, des outils et des plateformes sont nécessaires, et sont généralement utilisés conjointement par plusieurs chercheurs du laboratoire (les outils de capture du mouvement sont nécessaires également pour modéliser ensuite des agents virtuels, par exemple). Une autre caractéristique du laboratoire est donc de mutualiser les connaissances sur des outils nécessaires pour mener à bien des recherches dans des domaines distincts.

Les aspects expérimentaux en Traitement des Langues se révèlent aussi par la confrontation des travaux au sein de campagnes d'évaluation nationales et internationales. Les besoins en matériel sont alors plutôt des besoins en ordinateurs puissants et dotés de grande capacité de stockage et de mémoire, sur lesquels les outils développés sont partagés par TLP et ILES.

Un certain nombre de recherches menées au sein du département sont très marquées par leur *impact sociétal*, en particulier en direction du handicap. Cette thématique est abordée sous divers angles, à la fois celui des aides à l'interaction (pour les déficients visuels par exemple), des agents virtuels et des techniques d'interaction multimodale pour entraîner des personnes avec Troubles du Spectre Autistique (TSA) à l'acquisition de compétences sociales, des aides pour les personnes âgées (compagnons robots), ou encore l'étude de la Langue des Signes Française, et le développement d'avatars signant.

Les contrats de recherche sont soutenus dans le cadre des projets financés au plan national ou international par l'ANR. Le dispositif FUI a financé d'autres projets dont Patient GeneSys, qui s'est terminé, et a permis de déposer un projet de maturation auprès de la SATT Paris-Saclay (PVDial). Cette démarche de dépôt de projet de maturation a également été faite sur un projet de plateforme de fabrication d'objets mécatroniques 3D. Nous poursuivons nos efforts pour renforcer les financements venant de projets européens, en dépit de la forte concurrence qui peut exister. Les investissements d'avenir de l'IDEX Paris Saclay ont aussi financé un certain nombre de projets, que ce soit par le biais des LIDEX ISN (Institut de la Société Numérique) ou CDS (Centre for Data Science), ou du Labex Digicosme ou encore de l'Equipex Digiscope. On peut donc noter globalement la diversité des sources de financement, avec des projets académiques (ANR, ANSM, Google Award) et partenariaux (ANR, FUI, SATT, collaborations bilatérales), locaux (Labex et IDEX Paris-Saclay), nationaux et internationaux (CHIST-ERA, ANR-DFG, ITN H2020).

Les deux années 2015 et 2016 ont vu la soutenance de *nombreuses thèses* dans les différents groupes, ce qui est une preuve du dynamisme de ces équipes. Beaucoup de ces nouveaux docteurs sont à présent en contrat post-doctoral dans divers laboratoires, en France ou à l'étranger. Il est important que ce flux de doctorants se maintienne dans les groupes, pour continuer à vitaliser les recherches et à poursuivre la mission de formation du laboratoire.

► Le LIMSI au sein de l'Université Paris-Saclay

La période 2015-2016 a été particulièrement animée en ce qui concerne le projet d'IDEX Paris-Saclay. Du point de vue institutionnel, l'Université Paris-Saclay a été créée en tant que "COMmunité d'Universités et d'Établissements" (COMUE) et rassemble à sa création 19 membres¹⁹, parmi lesquels le CNRS et l'Université Paris-Sud – justifiant pleinement l'insertion du laboratoire au sein de ce regroupement. La création de cette nouvelle entité a donné le coup d'envoi d'un long processus de formalisation et de mise en place d'une gouvernance avec élections et nominations au conseil d'administration (présidé par *G. Bloch*), élection d'un conseil académique, où siègent plusieurs membres du LIMSI (*A. Braffort*, *V. Moriceau*, *C. Nore*), élection des conseils des Ecoles Doctorales²⁰. L'IDEX a ainsi pu concrétiser sa mise en place par trois actions très visibles : la prise en charge de l'ensemble des diplômes de thèse (à partir d'octobre 2015), la définition d'un modèle de signature commun pour les publications scientifiques, et enfin le démarrage d'un grand nombre de programmes de Masters²¹ labellisés Paris-Saclay (dès septembre 2015). Cette dernière action a demandé aux enseignants-chercheurs en charge de l'administration de filières d'enseignement (*A. Allauzen* pour la mention "Apprentissage Information Connaissances" du Master Informatique, *C.-T. Pham* pour la mention "Dynamique des Fluides et Énergétique" du Master de Mécanique, *C. Nore* pour l'ensemble du Master de Mécanique) un énorme effort pour informer, orienter, accueillir et organiser la scolarité des étudiants de ces nouvelles filières multi-établissements, et souvent multi-sites.

¹⁹ L'Université d'Evry Val d'Essonne rejoindra officiellement la COMUE en 2017, mais est déjà associée à de nombreuses activités de l'Université Paris-Saclay.

²⁰ *A. Vilnat* est Directrice-Adjointe et responsable du pôle 3 "Données, connaissances, apprentissage et interactions"; *A. Allauzen* et *P. Zweigenbaum* siègent également au comité du pôle de l'ED STIC.

²¹ Environ 80% des Masters existant au sein d'établissements de la COMUE sont portés par Paris-Saclay.

La mise en place des structures d'animation de la recherche (les 10 Départements²²) et de l'enseignement (les 8 Schools) a progressé à une vitesse moindre et n'est pas à ce jour totalement achevée. Ces structures de coordination ont toutefois utilement œuvré pour élaborer une stratégie collective de recherche, puis pour coordonner les réponses aux Initiatives de Recherche Stratégiques (IRS) qui visent à structurer la recherche de l'UPSay sur un petit nombre de thèmes jugés prioritaires. Ce travail de réflexion stratégique a tout particulièrement mobilisé **F. Yvon** (responsable au sein du GT STIC, puis du département STIC, d'animer la réflexion sur la thématique " Interaction Homme-Machine ") et **C. Tenaud** (membre des bureaux exécutifs du GT MEP, ainsi que du GT transverse sur la simulation numérique et le calcul haute performance).

L'évaluation mitigée de l'IDEX par un jury international au printemps 2016, le renouvellement de la période probatoire (pour 18 mois) et les désaccords de fond entre membres sur une feuille de route commune pour progresser vers une meilleure collaboration des Etablissements au sein d'une "grande université de recherche mondiale intégrée" n'ont pas permis de consolider cette vision stratégique et de tracer une route claire pour l'implémenter. Ils ont également conduit à limiter l'ambition du programme d'IRS : ainsi le LIMSI, quoiqu'engagé dans de multiples propositions de projets interdisciplinaires (autour de l'énergie, de la modélisation en biologie, de la bio-ingénierie ou de la science des mouvements), se retrouve finalement impliqué dans seulement deux IRS, qui prolongent les activités des anciens LidEX "Center for Data Science" (CDS) et "Institute for Control and Decision" (Icode). Les autres instruments de l'IDEX ont, en parallèle, poursuivi leurs activités d'animation et de soutien à des projets de recherche collaborative : pour ce qui concerne le LIMSI il s'agit principalement des laboratoires d'Excellence (LabEx) Digicosme (STIC) et LaSIPS (en Sciences de l'Ingénieur) et de l'Equipex Digiscope²³.

Le LIMSI prend une part très active à la gouvernance de ces instruments : **P. Zweigenbaum**, après avoir été responsable de thème au sein de l'axe « DataSense » de *DigiCosme*, a pris la responsabilité de l'ensemble de l'axe, avant de rejoindre le Comité de Pilotage du LabEx en tant que responsable de la Commission Recherche; **B. Grau** et **F. Yvon** assument aujourd'hui un rôle de responsable de thème. De nombreux groupes de travail (GT) ont été mis en place pour développer les collaborations entre équipes, qui disposent également de moyens pour organiser des séminaires et exposés scientifiques : **A. Allauzen** et **E. Frenoux** co-animent ainsi une activité très visible sur les réseaux profonds; **M. Apidianaki** a succédé à **P. Zweigenbaum** en tant que co-animatrice d'un GT sur le traitement des langues multilingue; **L. Devillers** a lancé une nouvelle activité autour de l'interaction humain-robot, qui prolonge celle qu'elle anime déjà au sein de l'ISN; **B. Grau** a également initié une action sur l'extraction de connaissance, et **C. Grouin** vient de démarrer une activité sur la sécurité des données. **P. Bourdot** (co-responsable du comité de programmes) et **J.M. Vézien** (co-responsable du comité technique) jouent, quant à eux, un rôle majeur au sein de *Digiscope*, qui aura atteint en 2015 un premier jalon, avec le démarrage des 9 grandes plates-formes de visualisation prévues par le projet. Côté *LaSIPS*, **C. Tenaud** est membre du comité scientifique du Labex et **O. Le Maître** est membre du comité de pilotage en charge des interactions Mathématiques / Sciences de l'Ingénieur. F. Yvon joue un rôle identique au sein du CoPil du *CDS*. Le tableau ne serait pas complet sans mentionner la *Fédération de Recherche « Demeny-Vaucanson » (FédeV)*, une structure légère portée par l'Université Paris-Sud pour soutenir des projets de recherche disciplinaires (alliant STIC, Santé, et STAPS) autour des Sciences du mouvement : **J.-C. Martin** en est le Directeur-Adjoint et A. Vilnat représente le laboratoire au sein du comité de pilotage.

Ces divers instruments ont permis en 2015, et dans une moindre mesure en 2016, de soutenir de nombreux projets et équipements du laboratoire; en particulier ils ont financé le démarrage de plusieurs projets de thèses, ainsi que le recrutement de post-doctorants et ingénieurs.

Signalons, pour compléter le tableau, que 2015 aura probablement été la dernière année de plein exercice du *RTRA Digiteo*, qui a toutefois pu continuer à poursuivre (de manière plus modeste) ses actions de soutien à la recherche en 2016. Digiteo, qui aura permis d'incuber maints projets et de faire mûrir les instances de gouvernance et d'animation du GT STIC, nous aura ainsi permis sur la période d'accueillir plusieurs visiteurs pour des séjours de courte durée, ainsi que de soutenir le démarrage de trois thèses.

► IMMI

L'année 2015 aura été la dernière année de fonctionnement de l'UMI IMMI (Institute for Multilingual Multimodal Information), dans laquelle le LIMSI était engagé aux côtés de deux partenaires allemands : l'Université Technologique d'Aix-la-Chapelle (RWTH, Prof. H. Ney) et le Karlsruhe Institute of Technology (KIT, Prof. A. Waibel). Pendant ses huit années de fonctionnement, cette unité aura permis de soutenir de nombreuses activités impliquant ces trois parte-

22 Le LIMSI est particulièrement concerné par les départements "Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication" (STIC) et "Mécanique, Énergétique et Procédés" (MEP).

23 <http://www.digiscope.fr/fr>

naires, en premier lieu desquelles le grand programme Quaero (2007-2013), ainsi que plusieurs autres projets internationaux de moindre envergure. L'IMMI aura joué également un rôle majeur dans l'animation de la communauté scientifique en ingénierie de la langue, organisant notamment en 2015 la seconde édition de l'atelier International "Errare" (en Roumanie) et celle de la conférence IWSDS sur les systèmes de Dialogue (en Finlande). Les personnels et activités résiduelles de l'IMMI ont été administrativement transférés au LIMSI à la fin 2015, même si l'Unité a continué à exister financièrement en 2016, jusqu'à ce que soient effectivement soldés ou transférés au LIMSI l'ensemble des engagements contractuels vis-à-vis des différents financeurs de l'IMMI.

B - Organisation interne

► Personnel

Au 31 décembre 2016, l'effectif du LIMSI se répartit comme suit :

31 chercheurs CNRS (dont trois émérites): 19 Directeurs de Recherche et 12 Chargés de Recherche, parmi lesquels 4 sont titulaires de l'Habilitation à Diriger des Recherches.

Ces chercheurs CNRS sont rattachés à diverses sections du Comité National :

- 15 à la section 07- Sciences de l'Information²⁴
- 11 à la section 10- Milieux fluides et réactifs
- 3 à la section 34- Sciences du langage
- 1 à la section 26- Cerveau, cognition et comportement
- 1 à la section 09- Ingénierie des matériaux et des structures, mécanique des solides, biomécanique, acoustique

L'effectif est donc globalement stable, avec un déséquilibre général de l'effectif en faveur des Directeurs de Recherche, qui s'est accentué du fait des promotions de **B. Katz** (S 07) et de **D. Lucor** (S 10), de l'arrivée de **B. Noak** (S10) et du retour de détachement de **P. Le Quéré** (S 10), alors que nous quittaient deux Chargés de Recherche : **M. Auvray** (CPU, mutation vers l'Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique- ISIR), **J.-B. Berthelin** (retraite) et un Directeur de Recherche, **J. Mariani** accédant à l'Emérite au début 2016.

50 Enseignants-Chercheurs : 8 Professeurs et 42 Maîtres de Conférences, parmi lesquels 13 sont titulaires d'une HDR. Les Enseignants-Chercheurs sont également rattachés à de multiples sections du Conseil National des Universités (CNU) pour leur évaluation :

- 26 à la Section 27- Informatique
- 2 à la section 61- Informatique Appliquée, Automatique Traitement du Signal
- 14 à la Section 60- Mécanique
- 3 à la Section 62- Énergétique
- 5 à la Section 16- Psychologie

35 sont employés par U-PSUD, 9 par l'UPMC, et 6 sont rattachés à 5 autres Universités et Écoles d'ingénieurs. De ce côté également les évolutions ont été minimales, et le déséquilibre rang A / rang B toujours aussi défavorable avec les départs à la retraite de **C. Dang Vu** (ETCM) et de **G. Defresne** (TSF) et l'arrivée en 2015 de **E. Prigent** (MDC à l'IUT de Sceaux qui rejoint le groupe CPU).

29 Ingénieurs et Techniciens : tous employés par le CNRS, à l'exception de deux techniciens (un Paris-Sud et un UPMC). En 2015, cette population d'agents a continué à s'éroder, avec notamment les départs de **A. Depauw** (retraite), d'**A. Choisier** (retraite), puis de **D. Touraine** (détachement) que l'arrivée de **M. Grenet**, en remplacement de **K. Bassoulet** au poste d'administratrice, n'a pas suffi à compenser numériquement. La situation fin 2016 reste toujours très tendue, car si les recrutements successifs de **O. Pavilla** (AI) puis de **N. Ladevèze** (IR) ont globalement renforcé nos forces en BAP E, et si l'arrivée de **C. Lafarge** (AJT Paris Sud) compense numériquement le départ à la retraite de **Y. Maire**, le départ de **G. Bélizon** à l'automne 2016 a considérablement affaibli le pôle «Infrastructure et Logistique », à un moment particulièrement délicat du fait des programmes de travaux en cours ou planifiés.

²⁴ Dont l'intitulé a été officiellement modifié en fin d'année 2015 pour devenir " Sciences de l'information : signaux, images, langues, automatique, robotique, interactions, systèmes intégrés matériel-logiciel ".

En résumé, un total de 81 chercheurs et enseignants-chercheurs mènent leurs travaux au sein du LIMSI (figure ci-dessous) : 51 au sein du département Communication Homme-Machine, et 30 au sein du département Mécanique-Énergétique. Parmi eux, *40 sont titulaires d'une HDR*. Au cours de ces dernières années, ces effectifs sont restés globalement stables avec toutefois un très net rééquilibrage en faveur des personnels universitaires. *Le ratio entre Maîtres de Conférences et Professeurs reste très défavorable*, en comparaison du rapport d'environ 1 sur 3 que l'on observe dans la plupart des universités. Dernier élément saillant, le *vieillesse tendanciel* de cette population : le dernier recrutement au niveau CR CNRS remontant à 2011, le LIMSI ne compte depuis 2015 plus aucun CR2 dans ses effectifs.

En plus des personnels permanents, le LIMSI accueille également un *nombre important de personnels non-permanents* : parmi eux une soixantaine²⁵ d'étudiants préparent un doctorat au LIMSI, se répartissant en environ 50 dans le département CHM et environ 15 dans le département ME. 2015 a été une année charnière pour cette population avec la création des écoles doctorales de site portées par la toute nouvelle Université Paris-Saclay – l'ED STIC pour les sciences de l'Information, l'ED SMEMAG pour les Sciences Mécaniques, Énergétiques, Matériaux et Géosciences. Le nombre de CDD chercheurs²⁶ (qui a fluctué entre 20 et 30 au cours des années 2015 et 2016) est également toujours significatif, en relation avec une activité de recherche sur contrat qui se maintient à un niveau soutenu.

► Groupes de soutien à la recherche

Les groupes de recherche bénéficient d'un support actif de la part du personnel technique et administratif. Concernant cet élément, un événement important du point de vue organisationnel a été la création en 2015 d'une cellule mutualisée regroupant la majorité des ingénieurs opérant en support des plateformes logicielles, des équipements expérimentaux et des infrastructures de calcul intensif : le "Pôle Ingénierie Informatique" (P2I), placé sous la responsabilité de *Y. Fraigneau*, étend ainsi le périmètre de l'ex-CIGITA, dont les activités ne s'exerçaient que pour le compte du département ME. Parallèlement, la "cellule expérimentale", toujours dirigée par *V. Bourdin*, a vu également son champ d'intervention évoluer, et la "Cellule Technique Electronique Mécanique et Optique" (CTEMO) s'intéresse maintenant à l'ensemble des activités du laboratoire. Enfin, la composition du groupe "SAFT" (Services Administratifs, Financiers et Techniques) a été repensée, pour agréger toutes les fonctions administratives et techniques, et poursuit ses évolutions dans le sens d'une meilleure mutualisation des savoirs et compétences pour mieux servir l'ensemble du laboratoire. Notons qu'en 2016 tout particulièrement l'activité de SAFT aura été considérablement affectée par la mise en place un peu chaotique de nouvelles règles de gestion administrative et financière, ainsi que des nouvelles applications informatiques les implémentant. Au terme de ces réorganisations, qui n'auront épargné que le groupe AMIC, la quasi-totalité des IT (à l'exception de quatre agents qui restent affectés dans des groupes de recherche) fait partie des groupes de soutien à la recherche. Un organigramme complet du laboratoire en date du 31 décembre 2016 est reproduit en dernière page de ce rapport.

Cette réorganisation des groupes de soutien vise en particulier à mieux partager les expertises et savoir-faire jusqu'alors dispersés dans différents groupes de recherche, en ce qui concerne le développement d'applications graphiques, de gestion de grappes de calculs, ou encore de calcul haute-performance. Elle permet également de rationaliser la gestion des licences logicielles et des multiples équipements expérimentaux. Elle permet enfin d'identifier dans l'organisation un groupe d'experts métiers de haut-niveau en Informatique, capables de prendre en charge efficacement les équipements de calcul et les salles expérimentales. Sur ces deux types d'équipement, le LIMSI a continué à investir en 2015 : côté calcul, la salle machine a en particulier accueilli un nouveau cluster de GPU dédié à l'apprentissage de réseaux profonds pour la reconnaissance de la parole, ainsi qu'un premier ensemble de serveurs de calcul mutualisés sur tout le laboratoire et implantant une architecture innovante "CEPH" qui est un système hautement évolutif de stockage objet, en blocs (stockage redondant de type "Software-Defined Storage Open Source"). L'aménagement de la salle de Capture de Mouvement "MEMAVE" (Multimodal Environment for Motion capture and AudioVisual Experiences) s'est également poursuivi; cette salle dispose maintenant d'un projecteur grand angle de courte focale ainsi que d'écrans pour expérimenter avec un concept de CAVE-légère, portable, capable de projeter une scène immersive sur 3 écrans transportables, ce qui permet également d'utiliser cet équipement hors site.

Enfin, le LIMSI a vu arriver ses premières imprimantes 3D, dans le cadre de projets visant à développer de nouveaux capteurs pour l'intelligence ambiante. Parmi les autres investissements notables, l'organisation des homedir a fait l'objet d'un travail spécifique, conduisant à l'achat d'une solution sécurisée partagée par 6 des 9 groupes de recherche et reposant sur la technologie des NetApp.

25 Effectuer un décompte plus précis est plus difficile qu'il semble, du fait de la multiplication des thèses s'effectuant en partenariat

26 Le CNRS a renoncé à distinguer la catégorie "post-doctorants", et ne reconnaît plus qu'une population de CDD chercheurs, dont le niveau de rémunération varie en fonction de l'expérience dans la recherche.

Personnel permanent de soutien à la recherche

Nom	Prénom	Position	Employeur	Groupe	Arrivée
Barbet	Jean-Claude	IR1	CNRS	AMIC	01/07/2009
Lassalle	Olivier	AI	CNRS	AMIC	01/05/2012
Pavilla	Olivier	AI	CNRS	AMIC	01/01/2016
Piotelat	Élisabeth	IE1C	CNRS	AMIC	02/01/2002
Rajaratnam	Nicolas	AI	CNRS	AMIC	01/12/2006
Bourdin	Vincent	IR1	CNRS	CTEMO	06/02/1998
Gautier	Vincent	TCN	UPMC	CTEMO	01/12/2007
Lafarge	Christophe	ATP2	U-Paris-Sud	CTEMO	01/10/2016
Leloup- Caqueret	Dorine	AI	CNRS	CTEMO	01/01/2011
Bilinski	Eric	IE1C	CNRS	P2I	01/12/2003
Bolot	Laurence	IE1C	CNRS	P2I	01/05/2000
Caillou	Sylvain	IE2	CNRS	P2I	01/12/2008
Chergui	Jalel	IR1	CNRS	P2I	01/01/2005
Fraigneau	Yann	IR1	CNRS	P2I	01/06/1999
Ladeveze	Nicolas	IR2	CNRS	P2I	01/12/2016
Pointal	Laurent	IE1C	CNRS	P2I	02/10/2003
Verrecchia	Cyril	AI	CNRS	P2I	01/12/2006
Daly	Bénédicte	TCN	CNRS	SAFT	01/12/2012
Desroches	Pascal	AI	CNRS	SAFT	01/10/2000
Grenet	Maud	IE1C	CNRS	SAFT	01/01/2015
Hoint	Carole	TCE	CNRS	SAFT	14/03/2011
Lollia	Isabelle	TCN	CNRS	SAFT	12/02/2001
Pageau-Maurice	Sophie	AI	CNRS	SAFT	01/01/1993
Ronflé	Valérie	TCN	CNRS	SAFT	12/11/2002
Rostaing	Laurence	TCN	CNRS	SAFT	01/12/2008

Non permanents

Elver	Judith	CDD IE	CNRS / U-PSUD	SAFT	01/03/2015
-------	--------	--------	---------------	------	------------

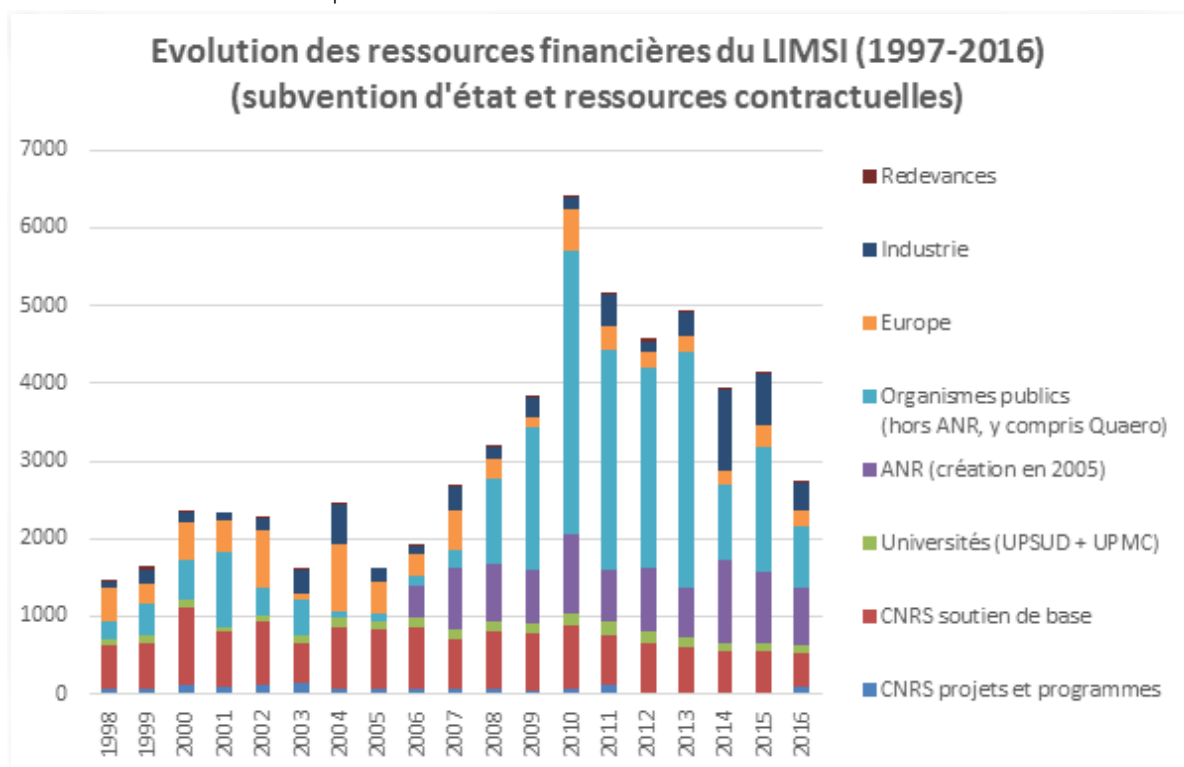
► Finances

En 2015 et 2016, le budget total du LIMSI s'est inscrit en relative baisse passant d'environ 6,1 M€ (en 2015) à 5,5 M€ en 2016 (non-compris les salaires des personnels permanents, dont le total est proche de 7,5 M€). Cette baisse est due à la conjonction de deux facteurs : d'une part la contraction de nos ressources contractuelles (notamment provenant des organismes publics hors ANR); d'autre part la dissipation d'une partie de nos ressources propres pour financer les programmes d'investissement en bâtiment. Le graphique ci-après permet de visualiser l'évolution de nos ressources financières sur une longue période (1997-2016). On fera attention à ce que le point correspondant à 2016 n'est pas directement comparable aux points antérieurs, puisque, suite à la mise en place de nouvelles règles de Gestion Budgétaire et Comptable Publique (GBCP), les montants des ressources contractuelles qui figurent dans ce graphique pour cette année sont des montants *consommés* et non plus des montants *notifiés*.

La conclusion du programme Quaero (en 2013) a réduit sensiblement les ressources contractuelles du laboratoire, qui s'établissent toutefois en 2015 comme en 2016 bien au-delà de leur niveau de 2007-2008, principalement grâce à l'obtention de financements publics. L'effet des investissements d'avenir, au travers de notre forte implication dans les LabEx et dans l'IdEx Paris-Saclay, est particulièrement significatif, puisque les aides distribuées par le PIA représentaient en 2015 plus de 2/3 du soutien public (hors ANR). Ceci est également dû au succès de nos dépôts de projets ANR, en dépit d'une sélectivité accrue : en 2015, six nouveaux projets ANR (lauréats de l'appel 2014), dont un projet international en collaboration avec l'Allemagne, ont démarré, sur plus d'une trentaine de soumissions. La contraction des budgets de l'ANR continue de se faire sentir en 2016, puisque seuls 6 (5 projets nationaux et un

projet international) des projets impliquant le laboratoire (sur 31) ont été sélectionnés en 2016 sur l'AAP 2015. Pour l'essentiel, ces succès à l'ANR portent sur des problématiques de traitement automatique des langues et restent concentrés dans les équipes ILES et TLP. La part de nos ressources résultant de contrats directs avec l'industrie contribue est par comparaison plus faible (environ 20% du total en 2015). Le démarrage en 2015 d'une collaboration de grande ampleur autour des objets connectés dans l'habitat (portée par M. Ammi avec partenariat avec l'entreprise Rénovation Plaisir Energie) dans le cadre d'un GIS; la participation de l'unité, validée par l'ANR en 2016, à un projet de "Tremplin Carnot" doit nous permettre de progresser sur cet axe. Signalons enfin que notre investissement dans le programme européen H2020 reste trop limité, puisque seuls un projet de recherche et un réseau ITN ont été à ce jour financés, en dépit d'un nombre important de soumissions de projets.

Concernant les dépenses, la très grande majorité (plus de 80%) des dépenses se font au sein des groupes de recherche et correspondent à des charges liées à l'exécution de contrats et prestations de recherche. Concernant les charges communes du laboratoire, près de trois quarts correspondent à des dépenses d'infrastructure (fluides, frais campus, ménage et travaux d'entretien des bâtiments, la location du bâtiment S); les autres grands postes concernent l'équipement informatique, le fonctionnement courant et les moyens mis à disposition des départements, notamment pour la documentation scientifique.



► Gouvernance

L'équipe de direction, en place depuis la mi-2013, a été confirmée pour la durée du nouveau contrat quinquennal (2015-2020); le seul changement est l'arrivée de Maud Grenet qui a remplacé Karine Bassoulet dans les fonctions d'administratrice du LIMSI à compter du 1er janvier 2015. Un nouveau *Conseil de Laboratoire* a été élu et installé au début 2015 et se réunit chaque mois (onze fois chaque année en 2015 et en 2016). Un changement est toutefois notable : le toilettage du règlement intérieur a conduit à augmenter le nombre de conseillers de deux unités; en conséquence de quoi le conseil compte maintenant parmi ses membres un représentant des personnels non-permanents (en plus du représentant élu des doctorants) : pour des raisons pratiques, il ou elle est nommé(e) par la direction.

Autre organe de direction, le *conseil des responsables de groupe* se réunit mensuellement pour étudier et débattre de toutes les questions relatives à l'organisation et à la stratégie scientifique du laboratoire. Des réunions, moins régulières, ont également été mises en place avec les responsables de groupes de soutien.

Plusieurs commissions ad-hoc ont été installées pour travailler collectivement sur les locaux, sur les équipements informatiques et sur la communication du laboratoire. Parmi les réalisations les plus marquantes : la mise en place d'un nouveau site web plus dynamique et plus facile à maintenir; la réalisation d'un nouveau logo et des supports de communication associés; l'élaboration d'une solution de stockage pour les homedir de 6 des 9 groupes de recherche; une réflexion sur la définition de moyens de calcul partagés, sur l'archivage, la préparation de l'installation dans le

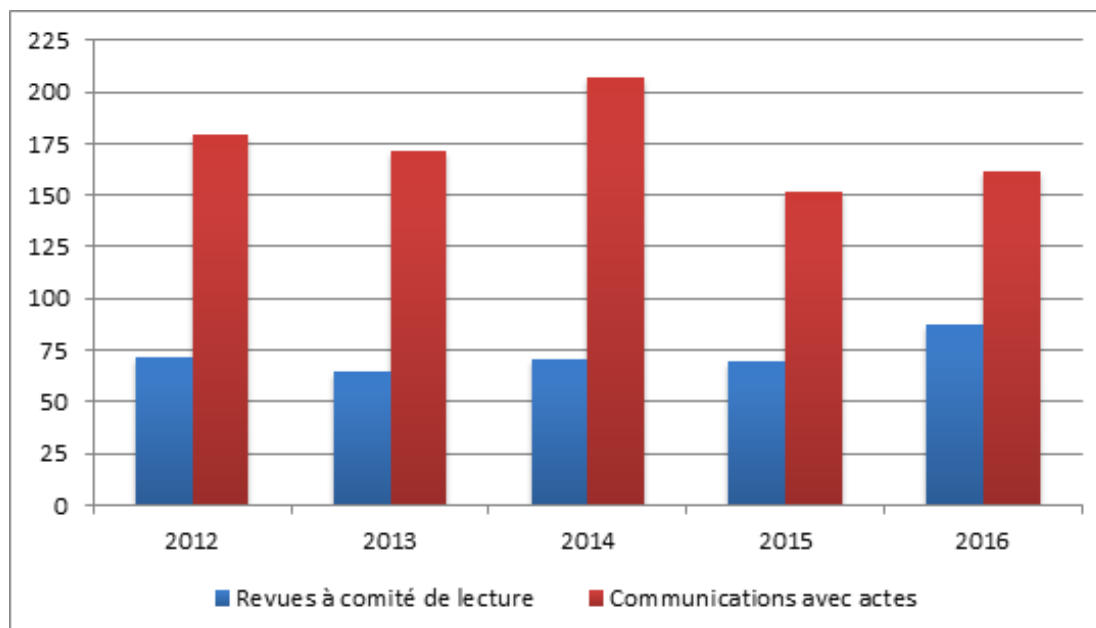
nouveau bâtiment, etc. La commission doctorants sert de lieu de résolution des éventuels problèmes liés au déroulement de thèse, et d'élaboration de propositions pour améliorer les conditions de travail des doctorants au sein du laboratoire. Elle a été particulièrement sollicitée en 2016 pour mettre à jour la charte des doctorants "LIMSI", des évolutions majeures du cadre de gestion des doctorants ayant été définies dans les nouveaux décrets régissant le contrat doctoral et le fonctionnement des écoles doctorales.

C - Production scientifique

Il existe de nombreuses manières d'apprécier la production scientifique.

► Publications

Parmi les indicateurs les plus importants, le nombre de publications dans les revues internationales et nationales se maintient à un très bon niveau, au-delà des chiffres de 2012 et de 2013, avec toutefois des variations importantes selon les groupes. Le nombre de publications en conférences est en léger retrait, une tendance qui reste à analyser sur la durée. La figure ci-dessous permet d'apprécier quantitativement les évolutions depuis 2012 pour ces deux principales catégories de publications.



► Thèses

Du point de vue des soutenances de thèses et habilitations à diriger des recherches, 2015 aura été particulièrement prolifique avec un nombre record de thèses soutenues (27, voir les tableaux ci-après). Corrélativement, 22 thèses nouvelles ont démarré en 2015, qui ne permettent pas tout à fait de conserver l'effectif de doctorants à son niveau antérieur. La tendance est inversée en 2016, avec un nombre particulièrement faible de soutenances (16), plusieurs soutenances ayant été repoussées au mois de janvier 2017.

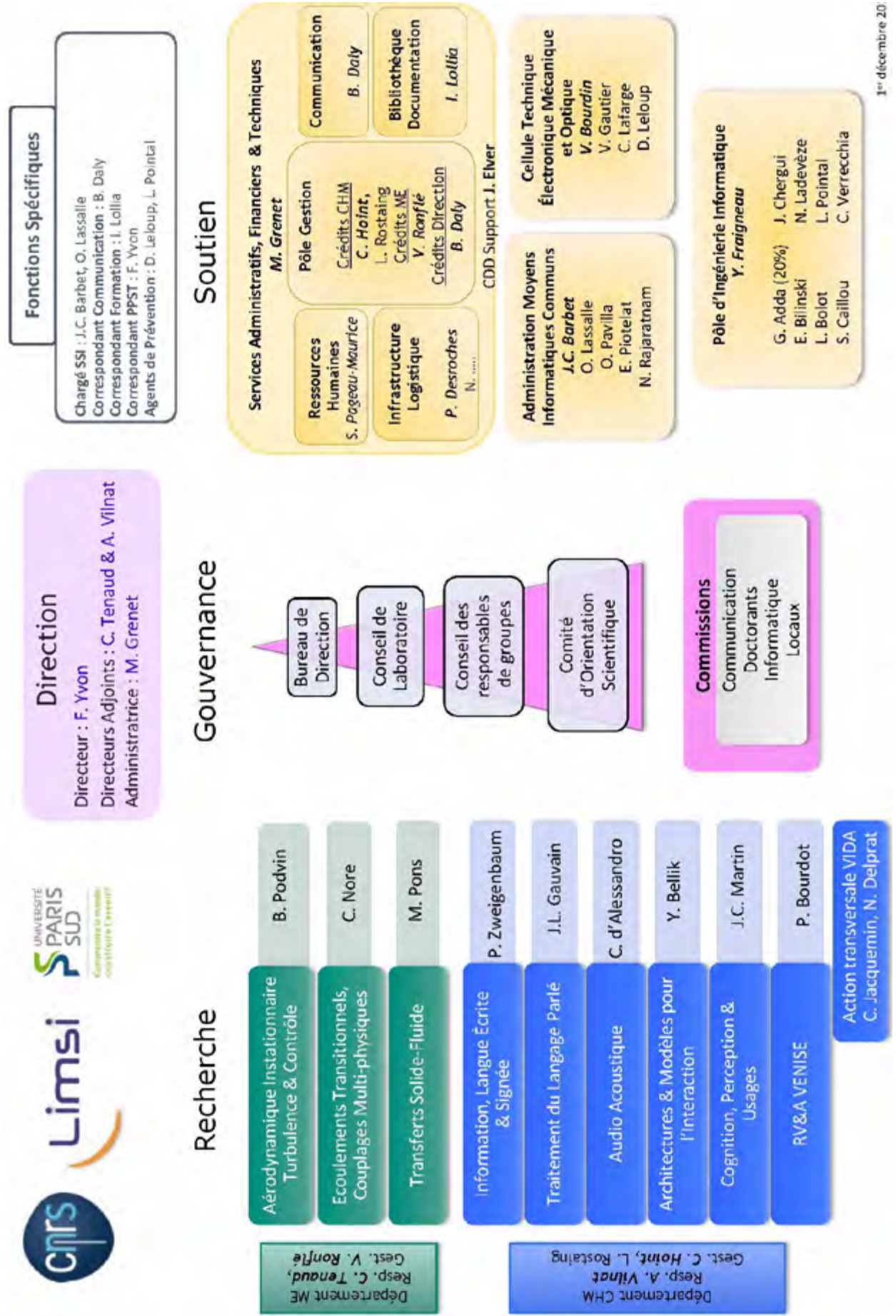
On observe ici encore la permanence de très fortes disparités entre la situation du département CHM et celle du département ME, qui s'analyse d'une part par un nombre moindre d'encadrants potentiels et des sources de financements moins nombreuses, une situation aggravée par notre position de plus en plus marginale au sein de l'École Doctorale SMAER (UPMC). L'extinction définitive des financements Digiteo en 2017 (quelques financements ont été maintenus en 2016), risque de fragiliser dans le futur la situation du département CHM, qui devra veiller à conserver des sources de financement variées.

Composition du Conseil de laboratoire années 2015-2016	
Claude Barras (CHM/TLP, MCF HDR, Nommé)	Bérengère Podvin (ME/AERO, CR HDR, Nommée)
Ivan Delbende (ME/ETCM, MCF HDR, Élu)	Albert Rilliard (CHM/AA, MCF HDR, Élu)
Emmanuelle Frenoux (CHM/AMI, MCF, Nommée)	Sophie Rosset (CHM/TLP, DR, Nommée)
Maud Grenet (Administratrice, invitée)	Laurence Rostaing (SAFT, T, Élu)
Nicolas Grenier (ME/TSF, MCF, Élu)	Nicolas Sabouret (CHM/CPU, Prof, Nommé)
Cyril Grouin (CHM/ILES IE, Élu)	Marie Tahon (CHM/TLP/CDD), jusqu'à juin 2015
François Lusseyran (ME/AERO, DR, Élu)	Christian Tenaud (ME, Directeur Adjoint)
Aurélie Névéol (CHM/ILES, CR, Élu)	Jean-Marc Vézien (CHM/Venise, IR, Élu)
Marko Pavlov (ME/TSF, Doctorant, Élu)	Anne Vilnat (CHM, Directrice Adjointe)
Olivier Perrotin (CHM/AA/CDD, Nommé depuis 07/2015)	François Yvon (Directeur)

Liste des thèses soutenues en 2015 et 2016

Groupe	Nom	Prénom	Directeur de thèse	Co-encadrant	Soutenance
AA	Evrard	Marc	C. d'Alessandro		30/09/2015
AA	Nguyen	Thi Thu Trang	C. d'Alessandro	D. Tran et T. Pham	24/09/2015
AA	Perrotin	Olivier	C. d'Alessandro		23/09/2015
AA	Poirier-Quinot	David	B. Katz		18/05/2015
AA	Rugeles Ospina	Felipe Enrique	B. Katz	M. Emerit	22/07/2016
AERO	Kasper	Kévin	H. Abou-Kandil	L. Mathelin	07/07/2015
AERO	Rizi	Mohamed-Yazid	H. Abou-Kandil	L. Mathelin	19/06/2015
AMI	Bokaris	Panagiotis-Alexandros	C. Jacquemin	M. Gouiffès	25/11/2016
AMI	Gaffary	Yoren	P. Tarroux	M. Ammi	18/06/2015
AMI	Setkov	Aleksandr	C. Jacquemin	M. Gouiffès	27/11/2015
AMI/CPU	Tsalamlal	Mohamed Yacine	J.-C. Martin	M. Ammi	27/06/2016
CPU	Boukhris	Mehdi	J.-C. Martin		04/12/2015
CPU	Darty	Kévin	N. Sabouret	J. Saunier	07/07/2015
CPU	Faur	Caroline	J.-C. Martin	C. Clavel	21/10/2016
CPU	Focone	Florian	J.-C. Martin	V. Demulier et B. Isableu	14/12/2015
CPU	Giraud	Tom	J.-C. Martin	B. Isableu	26/03/2015
CPU	Hurax	Thomas	N. Sabouret		02/10/2015
CPU	Philip	Léonor	J.-C. Martin	C. Clavel	08/04/2015
ETCM	Cadet	Laurent	P. Joubert	A. Sergent	07/12/2015
ETCM	Cappanera	Loïc	C. Nore	J.-L. Guermond	03/12/2015
ETCM	Oteski	Ludomir	P. Le Quéré	Y. Duguet	30/06/2015
ETCM	Selcuk	Çan	I. Delbende		09/05/2016
ILES	Asadullah	Munshi	A. Vilnat	P. Paroubek	28/09/2015
ILES	Gleize	Martin	B. Grau		07/01/2016
ILES	Marchand	Morgane	A. Vilnat	R. Besançon	04/03/2015
ILES	Marie	Benjamin	A. Vilnat	A. Max	25/03/2016
ILES	Pho	Van-Minh	B. Grau	A.-L. Ligozat	24/09/2015
TLP	Ben Jannet	Mohamed	S. Rosset	O. Galibert	14/10/2015
TLP	Bluche	Théodore	F. Yvon	H. Ney	13/05/2015
TLP	Do	Quoc Khanh	F. Yvon	A. Allauzen	31/03/2016
TLP	Pécheux	Nicolas	F. Yvon	A. Allauzen	27/09/2016
TLP	Xu	Yong	F. Yvon		26/09/2016
TLP	Yang	Fan	C. Barras	L. Devillers	23/10/2015
TSF	Ebo Adou	Ali-Higo	D. Juric		14/12/2015
TSF	Pavlov	Marko	M. Pons	V. Bourdin	25/10/2016
TSF	Tapachès	Emeric	M. Pons		29/04/2015
TSF	Wullens	Sébastien	M. Pons		23/10/2015
TSF	Xu	Bingrui	D. Juric		08/04/2016
Venise	Chen	Weiya	P. Bourdot		15/12/2015
Venise	Trellet	Mikaël	P. Bourdot	N. Férey et M. Baaden	18/12/2015

D - Organigramme du LIMSI au 31 décembre 2016



1^{er} décembre 2016

AERO

Aérodynamique, Turbulence et Contrôle

Bérengère PODVIN

Le groupe Aérodynamique, Turbulence et Contrôle s'intéresse aux écoulements de Mécanique des Fluides en régime instationnaire, qui sont présents dans de nombreuses applications industrielles (transport automobile), géophysiques (écoulements atmosphériques, circulation océanique) ou biologiques (circulation dans le corps humain, production vocale). La compréhension, la prédiction, voire la manipulation de ces systèmes en général multi-échelles, souvent multi-physiques, requièrent la mise en œuvre d'outils de simulation et d'analyse performants, adaptés à la complexité des problèmes réels. Notre objectif est de contribuer à la compréhension fondamentale des écoulements, et plus spécifiquement de développer dans un cadre académique des méthodologies nouvelles pour la simulation, l'analyse, la prédiction et le contrôle, qui pourront être ensuite mises en œuvre dans les applications.

Les activités de recherche du groupe Aérodynamique instationnaire s'organisent ainsi autour de quatre axes :

- *Méthodes numériques avancées et calcul haute performance* pour la simulation précise et efficace,
- *Quantification d'incertitudes*, qui permet d'évaluer de manière objective la sensibilité de l'écoulement aux incertitudes paramétriques
- *Caractérisation de la dynamique des écoulements*, à travers la mise en œuvre de nouvelles méthodes d'analyse, aussi bien pour la simulation numérique que pour des configurations expérimentales
- *Contrôle*, avec une approche qui va de la conception de nouveaux outils mathématiques jusqu'à la mise en œuvre d'un démonstrateur expérimental réaliste.

Points forts et avancées 2015-2016

- *Méthodes Numériques Avancées et Calcul Haute Performance* : les points forts de nos activités sont constitués par de nouvelles avancées numériques pour l'interaction fluide-structure, l'analyse multi-résolution, ainsi que de nouvelles méthodes de décomposition de domaine adaptées aux évolutions des calculateurs. L'intégration des développements dans les logiciels existants ou dans de nouveaux logiciels est effectuée en étroite collaboration avec le groupe P2I.
- *Quantification d'incertitudes* : l'accent a été mis sur le développement des méthodes non intrusives, l'inférence Bayésienne et les analyses de sensibilité pour une diversité d'applications.
- *Caractérisation de la dynamique des écoulements* : des méthodes de caractérisation avancée ont été mises en œuvre pour différentes familles d'écoulements telles que les écoulements cavitaires (cavité unique et ainsi que double cavité), les écoulements derrière le corps d'Ahmed, l'interaction choc/couche limite ainsi que l'aérodynamique du jet glottique.
- *Contrôle* : les efforts de recherche portent d'une part sur les algorithmes de contrôle en boucle fermée, notamment par machine learning, et d'autre part sur les méthodes de représentation et de réduction des données.

Le groupe bénéficie d'interactions fortes avec les autres groupes du Département de Mécanique, notamment à travers la mise en œuvre de méthodes pour la simulation, l'analyse, la prédiction et le contrôle d'instabilités avec transfert de chaleur et/ou de masse, mais également avec le Département de Communication Homme Machine, en particulier sur les thématiques de l'apprentissage et du contrôle. Une forte synergie est également présente avec le groupe P2I, qui contribue au développement et assure la pérennité et l'intégration des méthodologies numériques mises au point dans le groupe. De fortes collaborations sont également présentes au sein de l'Université Paris-Saclay, à travers le LabEx LaSIPS, l'institut Icode ou le CDS. Enfin le groupe est impliqué dans de nombreuses collaborations nationales, notamment dans le cadre d'ANR, et internationales, avec notamment une forte implication dans le LIA PMF (franco-argentin).

Thème : Méthodes Numériques Avancées et Calcul Haute Performance

V. Daru (MdC ENSAM), O. Le Maître (responsable, DR), D. Lucor (DR),
L. Mathelin (CR), Bernd Noack (DR) and C. Tenaud (DR)

► *Analyse Multi-Résolution*

Ces dernières années, les techniques MRA (Multi-Résolution Adaptative) ont été utilisées principalement pour l'adaptation dynamique des maillages à la solution tout en contrôlant les erreurs de prédiction dans le cas d'écoulements compressibles [C. Tenaud et al. Computers & Fluids, 120 (2015)] avec des extensions aux écoulements diphasiques majoritairement dilatables voire incompressibles. Pour rendre compte des phénomènes rencontrés en combustion et diphasique (transferts aux interfaces, interfaces réactives, ...), il est nécessaire d'étendre les méthodes MRA aux approches « faible Mach ». En particulier, l'application à la combustion et aux plasmas est traitée dans le projet LaSIPS/LMH NEMESYS, en collaboration avec EM2C/CentraleSupélec. Un des points délicats réside dans la résolution de la contrainte sur la divergence de vitesse, sur laquelle des développements sont en cours dans le cas de maillages non-conformes, évoluant dynamiquement en temps et en espace.

► *Interaction Fluide/Structure fracturable*

Le développement d'une nouvelle méthode conservative de couplage entre un fluide compressible et une structure déformable en mouvement a été étudié en collaboration avec le CEA-DAM et le CERMICS-ENPC, notamment durant les thèses de L. Monasse et A. Puscas. Le but était de prédire les phénomènes transitoires dans les interactions entre des ondes de choc avec des structures solides, dans le cas où potentiellement le solide peut se fracturer. Nous avons montré que la méthode développée respectait les propriétés de conservation et fournissait ainsi des résultats très probants sur les cas-tests de la littérature [Puscas et al. Jal. Comp. Phys 296, 2015]. La fragmentation des structures soumises à des impacts d'ondes de choc a été résolue grâce à l'adaptation de la méthode des frontières immergées [Puscas et al. IJNME, 103 (2015)].

► *Résilience et calcul exascale*

Les évolutions des plateformes de calcul nécessitent une constante adaptation des algorithmes et des outils de simulation pour exploiter pleinement les capacités des machines actuelles et de prochaine génération. Dans un projet avec Duke University et Sandia National Labs, nous avons développé de nouveaux algorithmes de décomposition de domaine [Sargsyan et al. SIAM J. SciComp 37, (2015)] qui présentent la particularité d'être résilients aux fautes silencieuses (bit-flips) dont l'occurrence sera significative pour les machines exascale de prochaine génération. Ces algorithmes se basent sur un échantillonnage stochastique et des reconstructions polynomiales robustes aux données erronées. Ils ont été implémentés et testés sur des machines avec plus de cent mille cœurs de calcul [Rizzi et al., Int. Supercomputing Conference, (2016)].

► *Décomposition de domaine*

Toujours en collaboration avec Duke University, une approche de bases réduites locales par sous domaine, pour les problèmes de type intégral et la décomposition en composantes principales (POD) a été proposée. Une estimation d'erreur permet de contrôler la complexité de la méthode et montre qu'il existe un nombre de sous-domaines optimal qui augmente avec la précision désirée. Des idées similaires ont été utilisées pour accélérer la résolution des problèmes elliptiques à coefficient stochastique par Monte Carlo (*Illustration 1*). L'approche utilise des approximations locales par polynômes de chaos des opérateurs de Dirichlet sur chaque sous-domaine. Nous travaillons actuellement à la finalisation de la méthode et sa scalabilité parallèle.

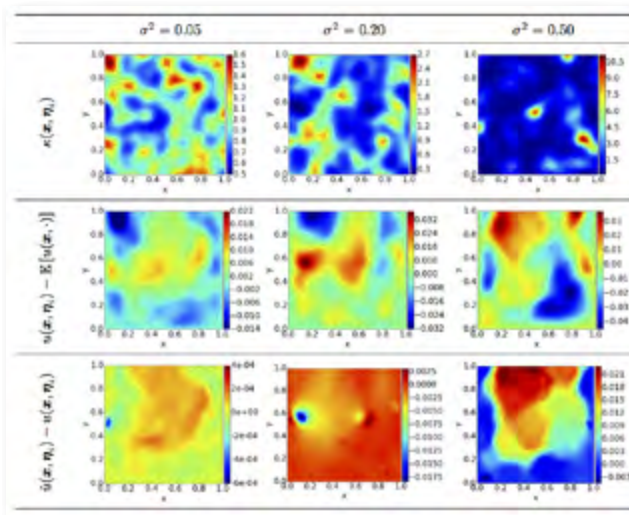


Illustration 1
 Résultats obtenus avec l'accélération par décomposition de domaine d'une approche Monte Carlo pour les équations elliptiques.

Réalisations du champ stochastique du paramètre (en haut), espérance de la solution (2^{ème} ligne), erreur sur l'espérance (3^{ème} ligne), dans le cas d'une variabilité croissante du paramètre (de gauche à droite).

► Logiciels et bibliothèques numériques

Le groupe AERO a adopté une politique incitative pour la protection des logiciels et codes de calcul développés au laboratoire. Au cours de ces deux dernières années le groupe a notamment produit deux bibliothèques numériques.

- Une bibliothèque logicielle a été développée pour la décomposition en modes dynamiques (DMD) robuste au bruit de mesure. Les algorithmes DMD standard conduisent à des sous-estimations systématiques des taux de croissance des modes. Notre approche repose sur des techniques d'identification de systèmes sous la forme de modèles auto-régressifs à moyenne fluctuante (ARMA) et permet de séparer, sous certaines conditions, la partie déterministe de la contribution du bruit de mesures. Il en résulte une approche numériquement efficace et non-biaisée de la DMD. Cette collection de routines (Matlab) va être proposée librement sous licence CeCILL.

- Le développement du logiciel modulaire xAMC (eXecute Analysis Modeling and Control), dédié à la modélisation réduite pour le contrôle à partir de données, a été poursuivi. Ce logiciel est développé par une équipe interdisciplinaire internationale menée par B. R. Noack depuis 2004 et financée par un projet DFG. A partir d'observations de l'écoulement (snapshots), xAMC produit successivement : 1) des représentations modales DMD ou POD par compression de données; 2) un système Galerkin pour la représentation modale par les équations de Navier-Stokes; 3) l'intégration de ce système de Galerkin. À chacune de ces étapes, xAMC propose de nombreux modules et options, notamment pour le contrôle. Les contributions récentes du LIMSI ont porté sur les analyses POD et DMD [Minelli et al., Flow, Turbulence and Combustion 97, (2016)], une nouvelle représentation DMD récursive [Noack et al., J. Fluid Mech. 809 (2016)], l'interpolation modale entre différentes conditions d'opération [Stankiewicz et al., TCFD 2016] et l'introduction de modes de paroi pour l'actuation [Semaan et al., J. Fluid Mech. 800 (2016)]. La version 2.0 de xAMC peut être librement téléchargée (<http://BerndNoack.com>). La version 4.0 avec une interface utilisateur améliorée et une documentation étendue est en préparation et sera prochainement mise à disposition du public sur github.

► Hémodynamique

Les modèles numériques personnalisés pour la biologie et le domaine biomedical doivent répondre à la double demande d'une précision et d'une robustesse accrues tout en étant suffisamment réactifs et faciles à calibrer. Ces contraintes sont difficiles à satisfaire en pratique. Par exemple, les simulations cardiovasculaires d'écoulements sanguins en interaction avec un réseau artériel compliant



(Illustration 2) comportent un grand nombre d'incertitudes qui nuisent à la planification chirurgicale, la compréhension du développement des pathologies et l'aide au traitement et le développement des endoprothèses. Dans ce cadre, un solveur hémodynamique approché de la propagation dynamique d'ondes de pouls dans un réseau artériel distribué, écrit en Matlab, a été développé. Il résout les équations de Navier-Stokes 1D visqueuses, avec un modèle pariétal linéaire. La discrétisation et le schéma numérique sont assurés par une formulation de Galerkin discontinue de type /hp qui assure de

Illustration 2
 Pression totale dans le réseau à un moment du cycle cardiaque.

faibles erreurs de diffusion et dispersion, et un temps de calcul raisonnable pour un réseau d'une centaine d'artères. La discrétisation temporelle explicite repose sur un schéma d'Adams-Bashforth du second ordre. L'implémentation dispose d'un choix varié de conditions aux limites en entrée/sortie du réseau, en particulier pour une représentation réaliste du tissu artériel fin distal manquant. Le code est implémenté pour permettre une distribution parallélisée automatisée dans le cadre d'études paramétriques, telles que celles menées pour la quantification des incertitudes.

Thème : Quantification des incertitudes

Participants : O. Le Maître (responsable, DR), D. Lucor (DR) et L. Mathelin (CR)

► Développements Méthodologiques

Sur les aspects méthodologiques, les travaux de ces dernières années ont principalement porté sur les approches non-intrusives (par échantillonnage) basées sur l'emploi de codes en boîte noire. On notera en particulier le développement de nouvelles techniques de projection régularisées pour le cas de données bruitées et erronées [Van Langenhove et al., *Int. J. Unc. Quant*, 6, (2015)], les approximations par polynômes itérés [Poëtte et al., *SIAM J. Num. Ana*, 53, (2015)] pour les dépendances fortement non-linéaires, et la construction adaptative de formules de quadrature creuses [Winokur et al., *J. Sci. Comp*, 68 (2015)] pour la haute dimension paramétrique.

Concernant les approches de type projection de Galerkin (intrusives), nous avons étendu l'approche de pré-conditionnement en temps au calcul d'écoulement stochastiques périodiques [Schick et al, *SIAM Review* 58, (2016)]. L'emploi de pré-conditionneur dans le cadre des approximations de rang faible par Décomposition Propre Généralisée (PGD) a aussi été exploré.

Plus récemment, des travaux ont été initiés sur les projections pré-conditionnées par level-set et l'apprentissage de dictionnaire de fonctions stochastiques pour la sélection parcimonieuse de la base de projection.

► Inférence bayésienne

D'importants efforts ont été consacrés aux problèmes d'inférence bayésienne et plus particulièrement à leur accélération par l'utilisation d'approximations par polynômes de chaos. L'objectif est ici de capitaliser le savoir-faire développé au cours des dernières années en techniques de quantification d'incertitudes pour traiter efficacement des problèmes d'inférence et d'identification dans des modèles complexes et numériquement coûteux. Concrètement, on notera la construction de méta-modèles adaptés à la distribution postérieure, le traitement efficace d'hyperparamètres [Sraj et al., *Comp. Meth. Appl. Mech. Eng*, 298 (2016)], l'utilisation de multi-modèles [Contreras et al., *Prob. Eng. Mech.*, 46, (2016)] et les applications au filtrage par des méthodes d'ensembles. Concernant les domaines applications, nos travaux ont porté sur des problèmes d'inférence dans les modèles de feux de forêts, d'hématodynamique [Dumas et al., *J. Biomech. Eng.*, 139, (2016)], d'élasticité en biomécanique et en circulation océanique.

► Analyses de sensibilité

Les outils développés au laboratoire ont été utilisés pour réaliser diverses analyses de sensibilité en collaboration avec des partenaires proposant des domaines d'application différents. On mentionnera entre autres des études de sensibilité dans les réseaux artériels [Brault et al., *Int. J. Num. Meth. Biomed. Eng.*, in press], en aérodynamique [Resmini et al., *Int. J. Num. Meth. Eng*, 16, (2015)], dans les modèles de circulation océanique [Li et al., *Comp. Geosciences*, 20, (2016)] (*Illustration 3*).

Pour la caractérisation de la sensibilité, les principales avancées de ces deux dernières années ont concerné l'extension des méthodes de décomposition de la variance au cas de systèmes soumis à des bruits exogènes en plus d'une incertitude paramétrique [Le Maître et al., *Rel. Eng. Sys. Saf.*, 135, (2015)]. Enfin, nous avons proposé récemment une approche originale de la décomposition de la variance pour des simulateurs stochastiques ayant des dynamiques intrinsèquement aléatoires [Navarro Jimenez et al., *J. Chem. Phys.*, 145, (2017)]. Ces derniers développements devraient nous permettre à terme de considérer de nouvelles applications dans le futur.

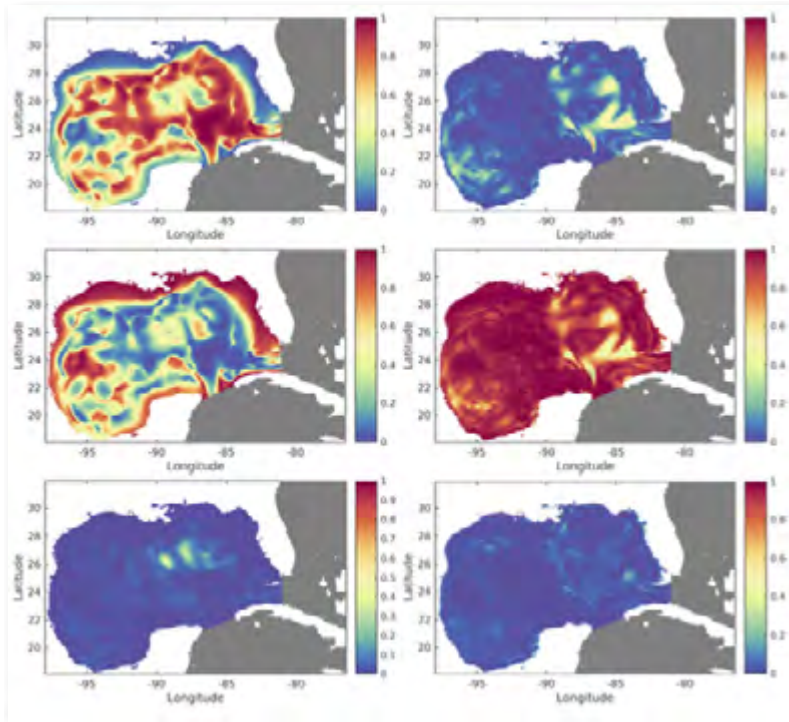


Illustration 3
Indices de sensibilité du premier ordre caractérisant les incertitudes sur la hauteur de la surface de l'océan (à gauche) et l'épaisseur de couche de mélange (à droite), après une simulation sur 30 jours de la circulation océanique dans le golf du Mexique.

De haut en bas: fraction de variance due aux données initiales incertaines, aux forçages du vent incertain et effets combinés des deux sources d'incertitudes.

Thème : Analyse de la dynamique

F. Lusseyran (DR), L. Pastur (McF U. Paris-Sud), S. Pellerin (McF U. Paris-Sud), B. Podvin (CR), D. Sciamarella (CR), C. Tenaud (DR).

Etudiants en thèse et chercheurs postdoctoraux : F. Tuerke (FT), O. Semeraro (OS)

Ce thème transversal associe des compétences du groupe AERO, en simulation numérique, en expérimentation et en traitement du signal permettant d'aborder la caractérisation des instationnarités spatio-temporelles typiques des écoulements qui sont organisés à des degrés variables du fait des conditions aux limites. Les études résumées ci-dessous concernent des écoulements d'intérêts applicatifs dont la dynamique est ainsi caractérisée en parallèle avec les développements méthodologiques.

► Brisures de symétrie dans les sillages de corps à culot droit

Le projet LaSIPS TurbFork a initié une collaboration entre l'ENSTA, l'ONERA, le SATIE et le LMSI sur l'étude et le contrôle des brisures de symétrie dans les sillages de corps à culot droit (D-shape). En plus de nos contributions à l'analyse des expériences (publication : Physical Review E 91 (2015), C) réalisée à l'ENSTA, nous avons simulé l'écoulement autour d'un corps d'Ahmed pour différentes gardes au sol, allant d'une garde au sol nulle (sol tangent au corps) jusqu'à une garde quasi-infinie (modélisée par une condition de glissement). Dans ce dernier cas nous avons observé que l'écoulement présente sur des temps longs une dissymétrie dans la direction transverse, alors que le corps est symétrique, ce qui est en accord avec les observations expérimentales du groupe d'O. Cadot (Grandemange et Cadot, JFM 2013) sur une configuration similaire. Une analyse statistique des champs (moyennes, analyse POD) a été effectuée avec une comparaison entre l'expérience et la simulation qui nous a permis d'identifier un mode de brisure de symétrie à la fois dans l'expérience et la simulation. Nous avons également mis en évidence des modes de Von Karman. La simulation de l'écoulement a été réalisée en partie au cours de stages de M2 (W. Daussin, M1 et S. Taouza, M2). Les résultats ont été présentés dans des conférences [ICAA, Aerovehicles 2] et font l'objet d'un papier en cours de rédaction.

► Interaction onde de choc / couche limite

Depuis plusieurs années, nous nous intéressons aux configurations d'écoulement dans lesquelles une couche limite est impactée par une onde de choc oblique, situations qui se retrouvent dans bon nombre de systèmes des industries aéronautique et aérospatiale. Sous certaines conditions (nombre de Mach élevé, grand angle de choc...), ces interactions entraînent un décollement de la couche limite. Ce décollement, fortement tridimensionnel, s'accompagne d'une augmentation intense de la traînée, des flux de chaleur et des fluctuations de pression à la paroi. Nos études ont en outre montré que la zone de recirculation et le système de chocs réfléchis sont soumis à un mouvement d'oscillation longitudinale à basse fréquence sur une distance de l'ordre de quelques dizaines d'épaisseurs de couche limite. L'origine de cette instationnarité est encore très mal connue. Sa compréhension physique ainsi que son

contrôle font donc partie des objectifs fondamentaux en mécanique des fluides compressibles. Nous avons mené des campagnes de simulations numériques résolues en temps (DNS et LES) afin de comprendre les phénomènes physiques sous-jacents à ces interactions et de développer des techniques de contrôle (fluidique et/ou thermique) capables de réduire leurs effets néfastes pour la structure. Dans le cas d'applications industrielles (configurations de rampe, tuyère, ...). Une extension aux maillages curvilignes des approximations numériques capables de conserver l'ordre de précision original est envisagée.

► **Instabilités transversales en cavité ouverte**

Les écoulements de recirculation (e.g. marche descendante, cavités, etc) sont classiquement le siège d'instabilités centrifuges qui engendrent des structures dans la direction transverse à l'écoulement principal (instabilités 3D). Dans la cavité, ces instabilités se développent pour des nombres de Reynolds inférieurs à celui des instabilités de couche cisailée, purement 2D dans le plan de l'écoulement, en apparente contradiction avec le théorème de Squire. Dans le cadre de la thèse de C. Douay, nous avons réalisé une minutieuse étude expérimentale des familles de modes sélectionnés au seuil des instabilités centrifuges, lorsque le rapport de forme de la cavité (rapport longueur sur profondeur) varie (Illustration 3). Ce travail a permis de confirmer l'essentiel des prédictions théoriques issues des analyses de stabilité linéaire réalisées à partir de 2011 sur l'écoulement de base stationnaire (ce travail a donné lieu à 2 publications, Fluid Dyn. Res., 2016), Douay et al., J. of Fluid Mech., 2016] et 2 communications internationales, BIFD 2015, 15-17 July 2015, ECFT, 12-16 September 2016).

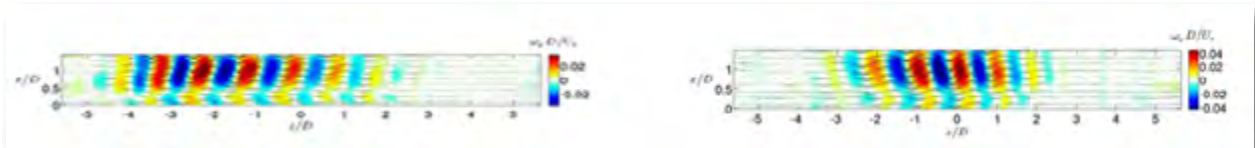


Illustration 3
Modes DMD expérimentaux associés aux ondes gauche et droite dans l'écoulement intra-cavitaire.

► **Interactions entre deux cavités en regard**

Ce travail concerne la dynamique spatio-temporelle d'un écoulement résultant de l'interaction entre deux cavités ouvertes face à face séparées par une distance D , qui constitue avec la vitesse amont U les 2 paramètres de contrôle. L'étude a été conduite dans le cadre du LIA PMF en collaboration avec G. Artana codirecteur argentin de la thèse en cotutelle de F. Tuerke. Le sujet est traité expérimentalement (expérience au LIMSI et au lab. de Mécanique des Fluides de Buenos-Aires), numériquement (DNS 2D et 3D avec le code SUNFLUIDH) et analytiquement (Stabilité linéaire avec condition de Kulikowskii, et modèle physique de la rétroaction intra-cavitaire). Il en résulte un modèle de prédiction des fréquences non harmoniques (Physical Review E 91 (2015), communication à BIFD 2015), la mise en évidence à partir des DNS 2D, d'une route vers le chaos rappelant le scénario de Curry & Yorke (1978) et plus généralement dès que la distance rapportée à la hauteur des cavités est inférieure à un seuil le système bascule vers une dynamique différente de celle d'une cavité ouverte isolée (Illustration 4).

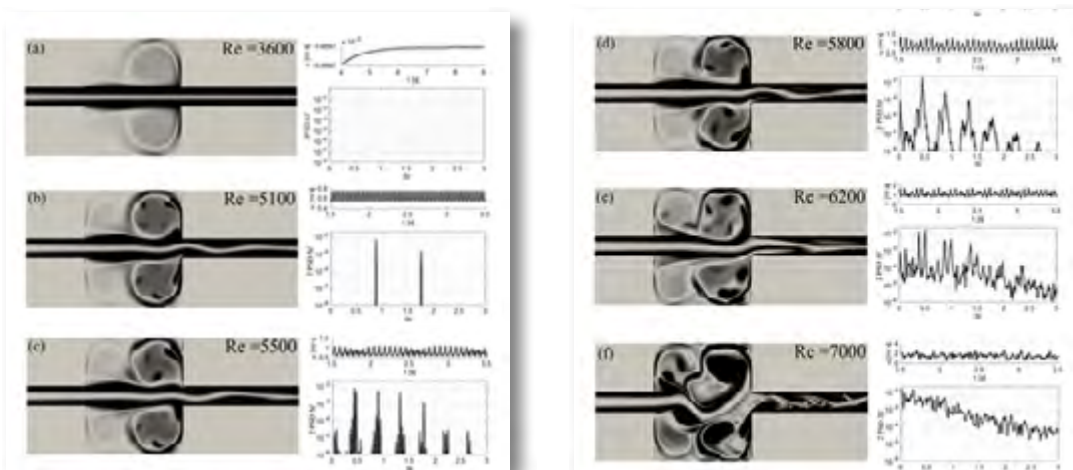


Illustration 4
instantanés des structures d'écoulement d'une double cavité à nombre de Reynolds croissant et spectres associés.

► **Aérodynamique du jet glottique (DS, ID)**

Ces travaux sont menés avec P. Audier (Post-doc Bourse Bernardo Houssay, dans le cadre du LIA PMF). Les phénomènes 3D concernant l'écoulement postglottique ont une importance pour la phonation qui a été mise en avant dans (D. Sciamarella et al, Speech Communication 66 (2015)). Dans le cadre du LIA PMF, nous étudions la dynamique tourbillonnaire d'un jet sortant d'un modèle de glotte artificielle statique (*Illustration 5*). L'approche expérimentale combine des mesures de PIV stéréoscopique avec des actionneurs plasma, permettant d'avoir accès à l'évolution des structures vorticales qui induisent la bifurcation du jet au voisinage de la glotte. L'explication physique du phénomène est obtenue à partir des modes symétriques de l'instabilité de Crow en considérant la longueur finie des tourbillons (P. Audier, D. Sciamarella and G. Artana, Phys. of Fluids 28(1) (2016)). Ce comportement est retrouvé dans des simulations numériques sur des tourbillons elliptiques ayant la même longueur et rapport d'aspect que la glotte.

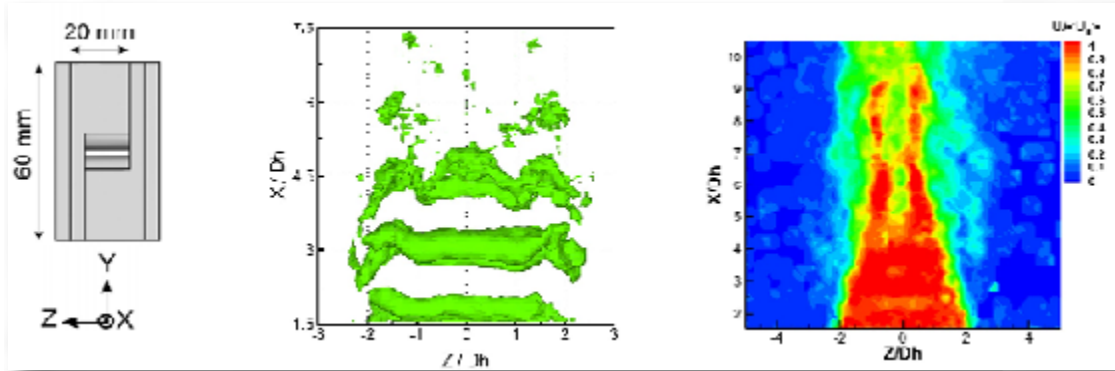


Illustration 5 – De gauche à droite : Maquette de la glotte; Tourbillons mesurés à la sortie de la glotte; Mesure PIV du jet glottique instantané.

Thème : Manipulation et contrôle des écoulements

F. Lusseyran (DR), L. Mathelin (responsable, CR), L. Pastur (McF U. Paris-Sud) , B.R. Noack (DR), S. Pellerin (McF, U. Paris-Sud), B. Podvin (CR).

► **Contrôle en boucle fermée**

Un des axes de travail a été d'améliorer une stratégie de contrôle de la turbulence par une approche en boucle fermée sans modèle. Cette méthode a été dénommée "Machine Learning Control" (MLC) et utilise la programmation génétique comme une technique générale performante de régression pour l'apprentissage de la loi de contrôle non-linéaire. MLC détecte automatiquement, et exploite, le meilleur mécanisme d'action non-linéaire pour le système. Cette technique a été utilisée avec succès pour identifier le contrôle multi-fréquentiel en boucle fermée pour la réduction de traînée d'un modèle de voiture, pour stabiliser le sillage derrière un profil à culot droit, pour la réduction du décollement, et pour l'amélioration du mélange dans une couche de cisaillement et derrière une marche descendante. La méthode et les résultats marquants sont décrits dans un ouvrage Springer par Duriez, Brunton & Noack et plusieurs articles de journaux.

Une autre approche que nous développons repose sur l'utilisation de fonctions de hachage (Locality Sensitive Hash functions) et de processus décisionnels de Markov (MDP). La combinaison de ces techniques permet de reconstruire, en temps réel, une estimation du vecteur d'état et d'apprendre la politique de contrôle optimale, au sens d'une fonction coût prescrite par l'utilisateur. Ces méthodes ont été illustrées sur des configurations numériques 2-D et sont actuellement étendues aux écoulements turbulents 3-D (simulation) et à un écoulement de cavité (expérimental).

Dans le cadre du projet DIGITEO COPERSFI.2, en collaboration avec le SATIE (ENS de Cachan) et la thèse de Y. Rizi, un contrôleur optimal a été synthétisé pour supprimer les oscillations d'un écoulement de cavité ouverte, simulé sous SUNFLUIDH, un des codes de recherche du LIMSIS résolvant les équations de Navier-Stokes en formulation incompressible ou « faible-Mach ». Le système étant linéairement instable, la synthèse du contrôleur repose sur une technique d'identification en boucle fermée, de type ERA-OKID, récemment introduite en mécanique des fluides par [Ma et al., Theo. Comp. Fluid Dyn. 25 (2011)]. Le modèle identifie correctement tous les modes instables du système, même ceux masqués dans le régime non-linéaire d'oscillations auto-entretenues. Le contrôleur, allumé alors que le système se trouve dans le régime oscillant non-linéaire, parvient à stabiliser l'état de base stationnaire, avec une robustesse relative vis-à-vis d'une variation du nombre de Reynolds d'environ 15%.

Dans le cadre de l'ANR CoolJazz : Evaluation de la dynamique nonlinéaire d'un jet transsonique et la modélisation d'une dynamique réduite en vue d'un contrôle des paquets d'onde responsables de l'émission acoustique (*Illustration 6*).

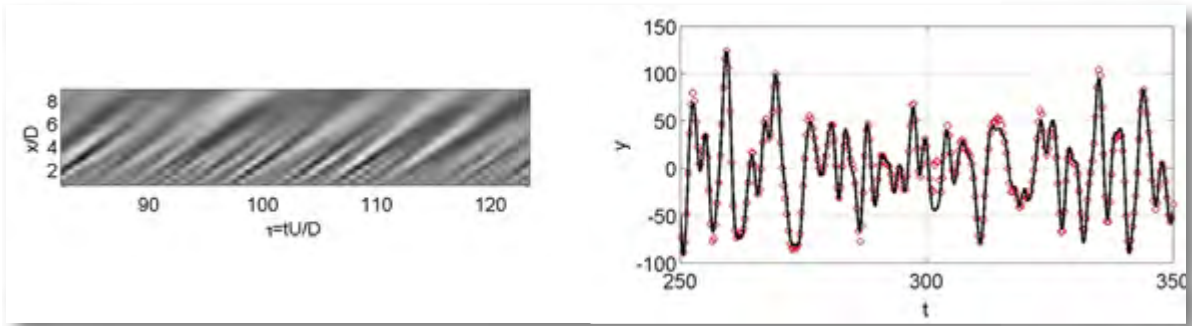


Illustration 6 : à gauche : diagramme spatio-temporel du mode axisymétrique de la pression dans un jet turbulent à $Ma=0.6$.; à droite prédiction d'un modèle NARMAX comparée au mode axisymétrique de la pression dans un jet turbulent à $Ma=0.6$.

Enfin, dans le cadre du projet LaSIPS FLOCON et à partir d'un résultat de la thèse de Y. Rizi, un état contrôlé par une méthode de retard de l'écoulement en cavité ouverte a été recherché expérimentalement. La procédure s'est révélée trop sensible aux variations de calibration de l'actionneur plasma aux faibles amplitudes. Le besoin en modèle de contrôle par apprentissage est ainsi souligné (Stage M1 V. Richard septembre 2016). Un autre projet LaSIPS avec le L2S (Sup'Elec) a porté sur la détermination d'un contrôleur linéaire pour l'écoulement de cavité autour d'un état donné.

► Représentation et réduction des données

D'autres activités ont porté sur la réduction de modèle pour le contrôle et l'extraction de caractéristiques (features) en mécanique des fluides, [Kasten et al., Archives of Mechanics., (2016)].

Par ailleurs, les développements sur la synthèse de conditions aux limites synthétiques se sont poursuivis pour des simulations à plus haut nombre de Reynolds $Re_c=1000$ (Illustration 7). Le but est de simuler l'écoulement dans la couche limite externe sans résoudre directement la couche interne, ce qui représente un gain de calcul très conséquent. La condition de frontière peut être vue comme un contrôle à appliquer à l'écoulement afin de s'assurer qu'il reste turbulent. La condition de frontière a été implémentée sur des plans à des hauteurs $y+=100$ et $y+=50$. Les simulations dans le domaine réduit ont été comparées avec des simulations du domaine complet, avec le code SUNFLUIDH. Nous avons trouvé que les statistiques de la turbulence étaient correctement reproduites avec les conditions aux limites synthétiques. L'erreur sur la ligne de mi-vitesse était de moins de 5%. Une analyse POD de l'écoulement dans la couche externe des domaines complet et réduit montre un bon accord statistique entre les deux simulations. La comparaison à différents nombres de Reynolds et à différentes hauteurs suggère des caractéristiques auto-similaires des fonctions propres et donc la robustesse de l'approche. Ces résultats ont fait l'objet d'un article [Podvin et al., Phys. of Fluids (2017)].

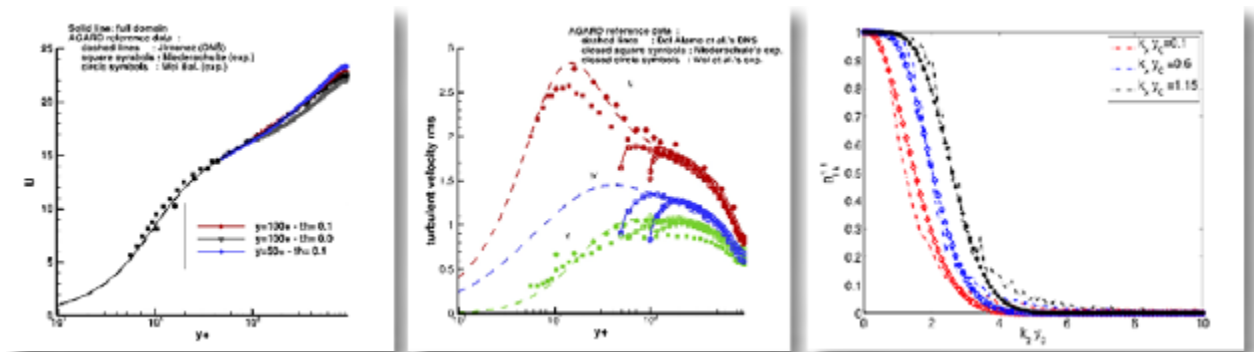


Illustration 7
De gauche à droite : Comparaison des profils de vitesse moyenne dans le domaine réduit avec le domaine complet; Comparaison des intensités turbulentes; Auto-similarité des fonctions propres POD.

Équipe AERO

Permanents

Nom	Prénom	Position	Groupe	HDR	Organisme	Arrivée
Daru	Virginie	MCHC	AERO		ENSAM	09/03/2001
Le Maitre	Olivier	DR2	AERO	oui	CNRS	10/01/2007
Lucor	Didier	DR2	AERO	oui	CNRS	10/01/2015
Lusseyran	François	DR2	AERO	oui	CNRS	04/03/2000
Mathelin	Lionel	CR1	AERO		CNRS	10/01/2003
Noack	Bernd	DR2	AERO	oui	CNRS	01/01/2016
Pastur	Luc	MC	AERO		U-Paris-Sud	09/01/2004
Pellerin	Stéphanie	MC	AERO		U-Paris-Sud	10/01/1997
Podvin	Bérengère	CR1	AERO	oui	CNRS	10/01/1998
Sciamarella	Denisse	CR1	AERO/AA		CNRS	10/01/2002
Tenaud	Christian	DR2	AERO	oui	CNRS	15/09/1992

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Acharya Neelavara	Shreyas	Doctorant	01/10/2013	
Ben Hassan Saidi	Ismail	Doctorant	01/11/2016	
Hong	Ye	Doctorant	01/10/2016	
Kasper	Kévin	Doctorant	01/11/2013	12/10/2016
Rizi	Mohamed-Yazid	Doctorant	01/09/2011	19/06/2015
Semeraro	Onofrio	CDD	01/09/2014	31/08/2015
Tuerke	Florian	Doctorant	10/12/2012	

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Caquas	Aurore	01/02/2016	31/03/2016
Daussin	William	01/03/2016	30/06/2016
Dieu	Emily	15/01/2015	05/03/2015
Postel	Arthur	15/01/2015	05/03/2015
Quilghini	Sébastien	04/05/2015	01/07/2015
Ramarosaona	Koloina	02/05/2016	17/06/2016
Richard	Valentin	02/05/2016	27/06/2016
Sadeg	Fadhila	01/03/2016	31/07/2016
Taouza	Shéhérazade	02/04/2015	01/09/2015
Tensaout	Syphax	04/05/2015	20/06/2015
Tocabens	Chloé	01/02/2016	31/07/2016

Contrats de recherche et valorisation

AERO : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR	Cool Jazz	ANR	Blanc	N	Lusseyran François	01/01/2013	31/12/2015	73 417
Collaborations de recherche	Large Scale- Smart Grids	IDEX	Lidex ICODE	N	Pastur Luc	14/04/2015	30/06/2016	2 700
	Large Scale- Smart Grids	IDEX	Lidex ICODE	N	Mathelin Lionel et Pastur Luc	12/06/2014	30/06/2016	5 000
	Large Scale- Smart Grids	IDEX	Lidex ICODE	N	Mathelin Lionel et Pastur Luc	12/06/2014	30/06/2016	6 000
	FLOCON	IDEX	Labex Lasips	N	Mathelin Lionel	26/08/2014	30/06/2016	22 000
	Turbfork	IDEX	Labex Lasips	N	Pastur Luc	13/11/2014	30/06/2016	7 500
	Journée dynamique des fluides	IDEX	Labex Lasips	N	Lusseyran François	20/05/2015	30/06/2016	1 000
	LIA	CNRS		N	Sciamarella Denisse	01/01/2010	NC	5 850

AERO : Brevets, Dépôts APP, licences...					
Valorisation	Dépôts APP		Auteur LIMSI	Co auteurs	Date
	CHORUS compressible high order unsteady simulation		Fraigneau Yann	Daru Virginie, Tenaud Christian	Apr-10
	MR Chorus simulation d'écoulement instationnaires compressibles avec capture de discontinuités et adaptation de la grille de calcul à la solution		Tenaud Christian	-	Jun-10
	OLORIN Logiciel de simulation d'écoulements instationnaires incompressibles et faiblement compressibles (hypothèse de faible nombre de Mach), en configuration bidimensionnelle ou tridimensionnelle.		Fraigneau Yann	Le Quéré Patrick, Sergent Anne, Podvin Bérengère	Sep-10
	Licence		Resp. LIMSI	Licencié	Date
CHORUS compressible high order unsteady simulation		Fraigneau Yann	CEA	Nov-10	

Production scientifique AERO 2015- 2016

► Thèses de doctorat et HDR

1. Kasper, K., *Apprentissage d'estimateurs sans modèle avec peu de mesures - Application à la mécanique des fluides* 2016, thèse de l'ENS Cachan. Soutenue à Cachan, France, le 12/10/2016, 187 p.
2. Rizi, M.-Y., *Commande performante et robuste d'un écoulement de cavité* 2015, thèse de l'ENS Cachan. Soutenue à Cachan, le 19/06/2015.

► Revues à comité de lecture

1. Atam, E., L. Mathelin, and L. Cordier, *Identification-Based Closed-loop Control Strategies for a Cylinder Wake Flow*. IEEE Transactions on Control Systems Technology, 2016. pp.8.
2. Audier, P., D. Sciamarella, and G. Artana, *Pre-switching bifurcation of a slender jet*. Physics of Fluids, 2016. **28**: pp.14.
3. Barros, D., J. Boree, B. Noack, and A. Spohn, *Resonances in the forced turbulent wake past a 3D blunt body*. Physics of Fluids, 2016. **28** (6): pp.1-12.
4. Barros, D., J. Boree, B. Noack, A. Spohn, and T. Ruiz, *Bluff body drag manipulation using pulsed jets and Coanda effect*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **805**: pp.442-459.
5. Cadot, O., A. Evrard, and L. Pastur, *Imperfect pitchfork bifurcation in a 3D turbulent wake*. Physical Review E, 2015. **91**: pp.063005.
6. Contreras, A., O. Le Maitre, W. Aquino, and O.M. Knio, *Multi-model Polynomial Chaos surrogate dictionary for Bayesian inference in elasticity problems*. Probabilistic Engineering Mechanics, 2016. pp.(29).
7. Debesse, P., L. Pastur, F. Lusseyran, Y. Fraigneau, C. Tenaud, C. Bonamy, A. Cavalieri, and P. Jordan, *A comparison of data reduction techniques for the aeroacoustic analysis of flow over a blunt flat plate*. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2016. **30** (3): pp.253-274.
8. Debian, A., K.A.F.F. von Krbek, N. Mazellier, T. Duriez, L. Cordier, B. Noack, and A. Kourta, *Closed-loop separation control over a sharp-edge ramp using genetic programming*. Experiments in Fluids, 2016. **57**: pp.1-19.
9. Douay, C., F. Lusseyran, and L. Pastur, *At the onset of centrifugal instability in an open cavity flow*. Fluid Dynamics Research, 2016. (48): pp.9pp.
10. Douay, C., L. Pastur, and F. Lusseyran, *Centrifugal instabilities in an experimental open cavity flow*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **788**: pp.670-694.
11. Dumas, L., T. El Bouti, and D. Lucor, *A Robust and Subject-Specific Hemodynamic Model of the Lower Limb Based on Noninvasive Arterial Measurements*. Journal of Biomechanical Engineering, 2016. **139** (1): pp.11p.
12. Dutta, P., M.W. Urban, O. Le Maitre, J.F. Greenleaf, and W. Aquino, *Simultaneous identification of elastic properties, thickness, and diameter of arteries excited with ultrasound radiation force*. Physics in Medicine and Biology, 2015. **60** (13): pp.5279.
13. Gao, Z., B. Podvin, A. Sergent, and S. Xin, *Chaotic dynamics of a convection roll in a highly confined, vertical, differentially heated fluid layer*. Physical Review E, 2015. **91** (013006): pp.14p.
14. Gueniat, F., L. Mathelin, and M.Y. Hussaini, *A statistical learning strategy for closed-loop control of fluid flows*. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2016. **30**: pp.1-14.
15. Gueniat, F., L. Mathelin, and L. Pastur, *A Dynamic Mode Decomposition approach for large and arbitrarily sampled systems*. Physics of Fluids, 2015. **27** (2): pp.19.
16. Hosseini, Z., B. Noack, and R.J. Martinuzzi, *Modal energy flow analysis of a highly modulated wake behind a wall-mounted pyramid*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **798**: pp.717-750.
17. Kasten, J., J. Reininghaus, I. Hotz, H.-C. Hege, B. Noack, P. Comte, and M. Morzynski, *Acceleration feature points of unsteady shear flows*. Archives of Mechanics, 2016. **68**: pp.55-80.
18. Le Maitre, O. and O.M. Knio, *PC analysis of stochastic differential equations driven by Wiener noise*. Reliability Engineering and System Safety, 2015. **135**: pp.107-124.
19. Le Maitre, O., O.M. Knio, and A. Moraes, *Variance decomposition in stochastic simulators*. The Journal of Chemical Physics, 2015. **142** (24): pp.13p.
20. Li, G., M. Iskandarani, M. Le Hénaff, J. Winokur, O. Le Maitre, and O.M. Knio, *Quantifying initial and wind forcing uncertainties in the Gulf of Mexico*. Computational Geosciences, 2016. **20** (1133-1153): pp.1133-1153.
21. Li, R., D. Barros, J. Boree, O. Cadot, and B. Noack, *Feedback control of bi-modal wake dynamics*. Experiments in Fluids, 2016. **57** (158): pp.1-6.

22. Minelli, G., S. Krajnovic, B. Basara, and B. Noack, *Numerical Investigation of Active Flow control Around a Generic Truck A-Pillar*. Flow, Turbulence and Combustion, 2016. **97**: pp.1235--1254.
23. Navarro Jimenez, M., O. Le Maitre, and O.M. Knio, *Global sensitivity analysis in stochastic simulators of uncertain reaction networks*. The Journal of Chemical Physics, 2016. **145**: pp.18p.
24. Noack, B., *From snapshots to modal expansions - bridging low residuals and pure frequencies*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **802**: pp.1-4.
25. Noack, B., M. Morzynski, and P.J. Schmid, *Recursive dynamic mode decomposition of transient and post-transient wake flows*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **809**: pp.843-872.
26. Oteski, L., Y. Duguet, L. Pastur, and P. Le Quéré, *Quasiperiodic routes to chaos in confined two-dimensional differential convection*. Physical Review E, 2015. **92**: pp.043020_1-043020_15.
27. Parezanovic, V., L. Cordier, T. Duriez, A. Spohn, B. Noack, M. Segond, M.W. Abel, S.L. Brunton, and T.h. Duriez, *Frequency selection by feedback control of a turbulent shear-flow*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **797**: pp.247-283.
28. Podvin, B. and A. Sergent, *A large-scale investigation of wind reversal in a square Rayleigh-Bénard cell*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **766**: pp.172--201.
29. Puscas, M.A., A. Ern, C. Mariotti, L. Monasse, and C. Tenaud, *A conservative embedded boundary method for an inviscid compressible flow coupled with a fragmenting structure*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2015. **103** (13): pp.970-995.
30. Puscas, M.A., L. Monasse, A. Ern, C. Tenaud, C. Mariotti, and V. Daru, *A time semi-implicit scheme for the energy-balanced coupling of a shocked fluid flow with a deformable structure*. Journal of Computational Physics, 2015. **296**: pp.241-262.
31. Quade, M., M.W. Abel, K. Shafi, R.K. Niven, and B. Noack, *Prediction of dynamical systems by symbolic regression*. Physical Review E, 2016. **94** (012214): pp.15.
32. Resmini, A., J. Peter, and D. Lucor, *Mono-block and non-matching multi-block structured mesh adaptation based on aerodynamic functional total derivatives for RANS flow*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2016. pp.(19).
33. Resmini, A., J. Peter, and D. Lucor, *Sparse grids-based stochastic approximations with applications to aerodynamics sensitivity analysis*. International Journal for Numerical Methods in Engineering, 2016. **106** (1): pp.32-37.
34. Rizi, M.-Y., L. Pastur, M. Abbas-Turki, Y. Fraigneau, and H. Abou-Kandil, *Closed-Loop Analysis and Control of Cavity Shear Layer Oscillations*. International Journal of Flow Control, 2015. **6** (4): pp.19.
35. Sargsyan, K., F. Rizzi, P. Mycek, C. Safta, K. Morris, H. Najm, O. Le Maitre, O.M. Knio, and B. Debusschere, *Fault Resilient Domain Decomposition Preconditioner for PDEs*. SIAM Journal on Scientific Computing, 2015. **37** (5): pp.2317-2345.
36. Schick, M., V. Heuveline, and O. Le Maitre, *A Newton-Galerkin method for fluid flow exhibiting uncertain dynamics*. SIAM Review, 2016. **58** (1): pp.119-140.
37. Semaan, R., P. Kumar, M. Burnazzi, G. Tissot, L. Cordier, and B. Noack, *Reduced-order modelling of the flow around a high-lift configuration with unsteady Coanda blowing*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **800**: pp.72-110.
38. Sraj, I., O. Le Maitre, O.M. Knio, and I. Hoteit, *Coordinates Transformation and Polynomial Chaos for the Bayesian inference of a Gaussian Field with Parametrized Prior Covariance Function*. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 2016. **298**: pp.205-228.
39. Stankiewicz, W., M. Morzynski, K. Kotecki, and B. Noack, *On the need of mode interpolation for data-driven Galerkin models of a transient flow around a sphere*. Theoretical and Computational Fluid Dynamics, 2016. **online**: pp.1-16.
40. Stefanescu, R., B. Noack, and A. Sandu, *Model Reduction and Inverse Problems and Data Assimilation with Geophysical Applications*. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 2016. **82** (10): pp.625-630.
41. Tenaud, C., B. Podvin, Y. Fraigneau, and V. Daru, *On wall pressure fluctuations and their coupling with vortex dynamics in a separated--reattached turbulent flow over a blunt flat plate*. International Journal of Heat and Fluid Flow, 2016. **61**: pp.730-748.
42. Tenaud, C., O. Roussel, and L. Bentaleb, *Unsteady compressible flow computations using an adaptive multiresolution technique coupled with a high-order one-step shock-capturing scheme*. Computers and Fluids, 2015. **120**: pp.111-125.
43. Tuerke, F., D. Sciamarella, L. Pastur, F. Lusseyran, and G. Artana, *Frequency-selection mechanism in incompressible open-cavity flows via reflected instability waves*. Physical Review E, 2015. **91**: pp.013005-1 013005-10.
44. Van Langenhove, J., D. Lucor, and A. Belme, *Robust uncertainty quantification using preconditioned least-squares polynomial approximations with L1-regularization*. International Journal for Uncertainty Quantification, 2016. **6** (1): pp.57-77.

45. Wang, T., O. Le Maitre, I. Hoteit, and O.M. Knio, *Path planning in uncertain flow fields using ensemble method*. Ocean Dynamics, 2016. **60** (10): pp.1231-1251.
46. Winokur, J., D. Kim, F. Bisetti, O. Le Maitre, and O.M. Knio, *Sparse Pseudo Spectral Projection Methods with Directional Adaptation for Uncertainty Quantification*. Journal of Scientific Computing, 2016. **68** (2): pp.596-623.

► **Chapitres d'ouvrage**

1. Bai, Z., S.L. Brunton, B.W. Brunton, J.N. Kutz, E. Kaiser, A. Spohn, and B. Noack, *Data-driven methods in fluid dynamics: Sparse classification from experimental data*, in *Wither Turbulence and Big Data in the 21st Century?*, A. Pollard, et al., Eds. 2016, Springer. pp. 323-343.
2. Barros, D., J. Boree, B. Noack, A. Spohn, and T. Ruiz, *Effects of unsteady shear layer forcing and Coanda blowing on the drag of a bluff body*, in *Wither Turbulence and Big Data in the 21st Century?*, A. Pollard, et al., Eds. 2016, Springer. pp. 365-373.
3. Duriez, T.h., S.L. Brunton, and B. Noack, *Machine Learning Control - Taming Nonlinear Dynamics and Turbulence*. First ed 2016: Springer. 211p.
4. Le Maitre, O. and O.M. Knio, *Multi resolution Analysis for Uncertainty Quantification*, in *Handbook of Uncertainty Quantification*, D. Higdon R. Ghanem and H. Owhadi, Eds. 2016, Springer. pp. 1-36.

► **Conférences à comité de lecture**

1. Daru, V., H. Bailliet, D. Baltean, I. Reyt, and C. Weisman. *Transitoire et changement de régime des écoulements redressés de Rayleigh à forts niveaux : Etudes numérique et expérimentale*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans. 921-927.
2. Daru, V., D. Baltean, I. Reyt, and C. Weisman. *Streaming non linéaire : rôle de la composante radiale acoustique*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans. 929-935.
3. Daru, V., D. Baltean, and C. Weisman. *Inertial Effects on Non Linear Acoustic Streaming*. in *International Symposium on Nonlinear Acoustics*. 2015. Lyon, France. 4p.
4. Gao, Z., B. Podvin, A. Sergent, and S. Xin. *Lyapunov spectrum analysis of natural convection in a vertical, highly confined, differentially heated fluid layer*. in *International Conference on Chaotic Modeling, Simulation and Applications*. 2015. Paris, France. 253-264.
5. Le Maitre, O. and O.M. Knio. *Parallel Domain Decomposition Method for (Elliptic) Stochastic PDEs*. in *Uncertainty Quantification and High Performance Computing*. 2016: Leibniz-Zentrum für Informatik. 24.
6. Lusseyran, F. *Experiments, Post-processing, Closed loop Flow Control Strand at LIMSIS*. in *3D bluff body wake control seeding meeting*. 2016: French Embassy.
7. Niven, R.K., B. Noack, L. Cattafesta, L. Cordier, and M.W. Abel. *Bayesian cyclic networks, mutual information and reduced-order Bayesian inference*. in *Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering*. 2016. Potsdam, NY, USA: AIP Conference Proceedings. 9.
8. Oteski, L., Y. Duguet, and L. Pastur. *Lagrangian mixing in natural convection*. in *Chaos, Complexity and Transport 2015*. 2015. Marseille. 10p.
9. Pellerin, S. and B. Podvin. *A study of the ground influence on the wake of the Ahmed body profile*. in *Symposium on Applied Aerodynamics*. 2015. Toulouse. 4.
10. Pellerin, S., B. Podvin, and L. Pastur. *Characterization of the Near-Wake of an Ahmed Body Profile*. in *International Conference on Applied Aerodynamics and Aeromechanics*. 2016. Amsterdam, Pays Bas. 6 pages.
11. Rizzi, F., K. Morris, K. Sargsyan, K. Dahlgren, P. Mycek, C. Safta, O. Le Maitre, O.M. Knio, and B. Debusschere. *Scalability of Partial Differential Equations Preconditioner Resilient to Soft and Hard Fault*. in *International Supercomputing Conference*. 2016. Frankfurt, Germany. 17p.
12. Rizzi, F., K. Morris, K. Sargsyan, P. Mycek, C. Safta, B. Debusschere, O. Le Maitre, and O.M. Knio. *ULFM-MPI Implementation of a Resilient Task-Based Partial Differential Equations Preconditioner*. in *FTXS'16: Proceedings of the ACM Workshop on Fault-Tolerance for HPC at Extreme Scale*. 2016. Kyoto, Japan: ACM. 19-26.
13. Rizzi, F., K. Morris, K. Sargsyan, P. Mycek, C. Safta, O. Le Maitre, O.M. Knio, and B. Debusschere. *Exploring the Interplay of Resilience and Energy Consumption for a Task-Based Partial Differential Equations Preconditioner*. in *Principles and Practice of Parallel Programming*. 2016. Barcelona, Spain. 10p.
14. Rizzi, F., K. Morris, K. Sargsyan, C. Safta, P. Mysek, O. Le Maitre, O.M. Knio, and B. Debusschere. *Partial Differential equations preconditioner resilient to soft and hard faults*. in *IEEE International Conference on Cluster Computing*. 2015. Chicago, Illinois. 552-562.
15. Sacher, M., F. Hauville, R. Duvigneau, O. Le Maitre, N. Aubin, and M. Durand. *Experimental and numerical trimming optimizations for a mainsail in upwind conditions*. in *Chesapeake Sailing Yacht Conference*. 2016. Annapolis, Maryland. 13p.

► Congrès sans actes, workshops

1. Acharya Neelavara, S., Y. Duguet, and F. Lusseyran. *Phase space analysis of plane Poiseuille flow in minimal flow unit channel*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Sevilla, Spain.
2. Barros, D., J. Boree, A. Spohn, B. Noack, and F. Harambat. *Drag control of blunt vehicles using fluidic actuation*. in *Second International Conference in Numerical and Experimental Aerodynamics of Road Vehicles and Trains (Aerovehicles 2)*. 2016. Goetheborg, Sweden. 2.
3. Barros, D., A. Spohn, J. Oesth, J. Boree, B. Noack, and S. Krajnovic. *Asymmetries and wake equilibrium past a square-back vehicle model: simulation and experiments*. in *Second International Conference in Numerical and Experimental Aerodynamics of Road Vehicles and Trains (Aerovehicles 2)*. 2016. Goetheborg, Sweden. 2.
4. Douay, C., L. Pastur, and F. Lusseyran. *Properties and transitions of the centrifugal instabilities experimentally observed in an incompressible open cavity flow*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France. 1p.
5. Duguet, Y., L. Oteski, and L. Pastur. *Lagrangian chaos in two-dimensional confined oscillatory convection*. in *International Conference on Chaotic Modeling, Simulation and Applications*. 2015. Paris, France.
6. Fournier, G., A. Chpoun, and C. Tenaud. *Shedding intermittency in a shockwave-laminar boundary layer interaction*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montréal, Canada.
7. Herouard, N., R.K. Niven, B. Noack, M.W. Abel, and M. Schlegel. *Galerkin POD Model Closure with Triadic Interactions by the Maximum Entropy Method*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, OR, USA. 1.
8. Kaiser, E., B. Noack, A. Spohn, L. Cattafesta, M. Morzynski, G. Daviller, and S.L. Brunton. *A probabilistic approach to modeling and controlling fluid flows*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, OR, USA. 1.
9. Kasper, K., L. Mathelin, and H. Abou-Kandil. *A statistical learning approach for constrained sensor placement*. in *American Control Conference*. 2015. Chicago, IL, USA. 6.
10. Le Maitre, O. *Polynomial Chaos Surrogates for Bayesian Inference*. in *Direct and Inverse Problems for PDEs with Random Coefficients*. 2015: Weierstrass Institute for Applied Analysis and Stochastics.
11. Le Maitre, O. *Polynomial chaos surrogates for bayesian inference - Parametrized covariance and Iterative Construction*. in *Workshop on Advances in Uncertainty Quantification Methods, Algorithms and Applications*. 2016: King Abdullah University of Science and Technology. 42.
12. Le Maitre, O., O.M. Knio, and A. Moraes. *Variance Decomposition Techniques for Sensitivity Analysis in Stochastic / Noisy Models with Uncertain Parameters*. in *workshop on Advances in Uncertainty Quantification Methods, Algorithms and Applications*. 2015: King Abdullah University of Science and Technology. 45.
13. Le Maitre, O., D. Lucor, and L. Mathelin. *Adaptive Surrogate Modeling Strategies for Efficient Bayesian Inference*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
14. Le Maitre, O., A. Siripatana, T. Mayo, I. Sraj, C. Dawson, O.M. Knio, and I. Hoteit. *Evaluating ensemble kalman filtering for parameter estimation in the coastal ocean vs. Polynomial chaos-based mcmc*. in *UNCECOMP 15*. 2015. Crete, Greece.
15. Li, G., M. Iskandarani, M. Le Hénaff, J. Winokur, O. Le Maitre, and O.M. Knio. *Field sensitivity analysis of the circulation in the gulf of mexico using a PC representation*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
16. Li, R., B. Noack, L. Cordier, T.h. Duriez, J. Boree, and F. Harambat. *Closed-loop aerodynamic drag reduction of a car model using linear genetic programming*. in *Second International Conference in Numerical and Experimental Aerodynamics of Road Vehicles and Trains (Aerovehicles 2)*. 2016. Goetheborg, Sweden. 3.
17. Lucor, D., L. Mathelin, and O. Le Maitre. *Posterior Adaptation of Polynomial Surrogate for Bayesian Inference in Arterial Flow Networks*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
18. Mathelin, L., A. Spantini, and Y. Marzouk. *A Dictionary Learning Strategy for Bayesian Inference*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
19. Navarro Jimenez, M., O. Le Maitre, and O.M. Knio. *PC Expansion for Global Sensitivity Analysis of non-smooth functionals of uncertain Stochastic Differential Equation solutions*. in *International Conference on Sensitivity Analysis in Model Output*. 2016. La Réunion, France. 2.
20. Niven, R.K., E. Kaiser, B. Noack, L. Cattafesta, M. Abel, and L. Cordier. *Rapid Bayesian dynamical models from fluid flow data*. in *Australasian Fluid Mechanics Conference*. 2016. Perth, Australia. 2.
21. Niven, R.K., E. Kaiser, B. Noack, L. Cattafesta, M.W. Abel, and L. Cordier. *Rapid Bayesian inference for fluid flow modeling and control*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, OR, USA. 1.

22. Niven, R.K., B. Noack, E. Kaiser, L. Cattafesta, L. Cordier, and M.W. Abel. *Rapid Bayesian Inference on Bayesian Cyclic Networks*. in *2016 SIAM Conference on Uncertainty Quantification (UQ16)*. 2016. Lausanne, Switzerland. 1.
23. Noack, B. *Closed-loop turbulence control using reduced-order modeling and machine learning*. in *Workshop 'Reduced-Order Models in Optimization'*. 2016. Trier, Germany. 1.
24. Oteski, L., Y. Duguet, and L. Pastur. *Routes to Chaos via Three-Frequency Tori in a Differentially Heated Cavity*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.
25. Pellerin, S. and B. Podvin. *Etude de l'effet de sol sur le sillage d'un corps d'Ahmed*. 2016. ONERA Meudon, France.
26. Pellerin, S., B. Podvin, and L. Pastur. *Ecoulement autour du corps d'Ahmed : Influence de la garde au sol*. in *Journées du GDR Contrôle Des Décollements*. 2015. ECN, Nantes, France.
27. Pellerin, S., B. Podvin, and L. Pastur. *Numerical study of the RSB wakes of an Ahmed body*. in *AEROVEHICLES 2*. 2016. Göteborg, Suède. 4.
28. Picella, F., C. Douay, J.-C. Loiseau, J. Robinet, S. Cherubini, L. Pastur, and F. Lusseyran. *Stability analysis of three-dimensional open cavity*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Sevilla, Spain.
29. Podvin, B. and Y. Fraigneau. *Self-Similar Synthetic Boundary Conditions in a Turbulent Channel Flow*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Seville, Espagne. 1p.
30. Podvin, B. and A. Sergent. *A model for reversals in turbulent Rayleigh-Bénard convection*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France. 1.
31. Podvin, B. and A. Sergent. *Large-Scale Circulation Reversals in a 2D Rayleigh-Bénard Cell*. in *EUROMECH European Turbulence Conference*. 2015. Delft, Netherlands. 2.
32. Podvin, B. and A. Sergent. *POD analysis of a square Rayleigh-Bénard cell: wind reversal dynamics*. in *International Conference on Rayleigh-Bénard Turbulence*. 2015. Goettingen, Germany.
33. Podvin, B. and A. Sergent. *On a blocking mechanism for wind reversal in a square Rayleigh-Benard cell*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Séville, Espagne. 1.
34. Semaan, R., P. Kumar, M. Burnazzi, G. Tissot, L. Cordier, and B. Noack. *Reduced-order modeling of the flow around a high-lift configuration with unsteady Coanda blowing (Invited)*. in *Joint Annual Meeting of GAMM and DMV*. 2016. Braunschweig, Germany. 1.
35. Semeraro, O., F. Lusseyran, P. Jordan, and L. Pastur. *Nonlinear temporal dynamics of axisymmetric wavepackets in subsonic jets*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montréal, Canada. (2).
36. Semeraro, O., F. Lusseyran, L. Pastur, and P. Jordan. *Wavepackets in turbulent jets: a dynamical systems perspective*. in *Euromech Colloquium*. 2016. Palaiseau, France.
37. Siripitana, A., T. Mayo, I. Sraj, C. Dawson, O.M. Knio, O. Le Maitre, and I. Hoteit. *Bayesian inference of Manning's N coefficient of a storm surge model: an ensemble Kalman filter vs. a Polynomial Chaos-MCMC*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
38. Sochala, P. and O. Le Maitre. *Level set methods for Polynomial Chaos expansion of stochastic PDEs outputs*. in *SIAM Conference on Uncertainty Quantification*. 2016. Lausanne, Suisse.
39. Sraj, I., O. Le Maitre, I. Hoteit, and O.M. Knio. *Efficient Polynomial Chaos Approximation for Bayesian Inference of Random Fields with Parametrized Prior Covariance function*. in *UNCECOMP 15*. 2015. Crete, Greece.
40. Tuerke, F. *Frequency-selection mechanism in incompressible open-cavity flows via reflected instability waves*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.

ETCM

Ecoulements Transitionnels et Couplages Multi-Physiques

Caroline NORE

Les activités de recherche du groupe ETCM sont consacrées à la dynamique d'écoulements externes ou internes par des méthodes numériques, analytiques et expérimentales. Nous nous intéressons plus particulièrement à l'étude des instabilités et des régimes transitionnels ou des régimes turbulents de ces écoulements. Les sources d'instabilité incluent les gradients de masse ou de température, la friction pariétale, la tension interfaciale, la force de Lorentz, le couplage de la thermique et de l'acoustique, les changements de phase, etc. Afin d'approfondir la compréhension physique des mécanismes de déstabilisation, nous développons des codes numériques originaux et nous nous engageons dans une nouvelle activité expérimentale.

Thème : Instabilités, transition à la turbulence

I. Delbende, Y. Duguet, P. Le Quéré, L. Martin Witkowski, J. Chergui (P2I), Y. Fraigneau (P2I), D. Juric (TSF), F. Lusseyran (AERO), L. Pastur (AERO), S. Acharya Neelavara, A. Faugaret, L. Oteski, C. Selçuk, W. Yang

Dans ce thème, les instabilités et la transition d'écoulements dominés par les effets de rotation ou de cisaillement sont analysées par deux types d'approches. Nous développons des outils numériques originaux et performants pour comprendre la dynamique complexe des tourbillons hélicoïdaux, des écoulements en rotation en présence de surface libre et la physique de la transition sous-critique vers la turbulence dans les écoulements de paroi. Nous développons également une activité expérimentale sur l'écoulement de fluide en rotation en présence d'une surface libre.

► Tourbillons hélicoïdaux

Le sillage proche des rotors servant à la propulsion (navires, avions, hélicoptères) ou à la production d'énergie (éoliennes, hydroliennes) est structuré par des tourbillons hélicoïdaux issus principalement du bout et du pied des pales, et plusieurs types d'instabilité y ont été mis en évidence expérimentalement. À l'aide du code HELIX développé au LIMSI, des états de base hélicoïdaux quasi-stationnaires à un ou plusieurs vortex ont pu être modélisés en régime visqueux et caractérisés en détail. Des outils numériques spécifiques ont été développés pour étudier les propriétés de stabilité vis-à-vis de perturbations hélicoïdales de même symétrie que l'état de base (code HELIX linéarisé couplé avec une procédure d'Arnoldi). L'étude a été étendue au cas non linéaire et a mis en évidence des régimes dynamiques complexes de dépassements, saute-mouton et fusion entre vortex hélicoïdaux (voir *figure 1*). Un second code numérique HELIKZ en variables primitives a été développé pour simuler la croissance linéaire de perturbations tridimensionnelles dans ces systèmes. Des instabilités de grande longueur d'onde ont ainsi pu être caractérisées (thèse de C. Selçuk sur financement ANR, collab. I. Delbende au LIMSI, Maurice Rossi à d'Alembert Paris, Th. Leweke, S. Le Dizès et M. Abid à IRPHE Marseille). Ces outils serviront également à l'étude des instabilités de petite longueur d'onde, dues à la courbure et/ou à l'ellipticité des cœurs tourbillonnaires.

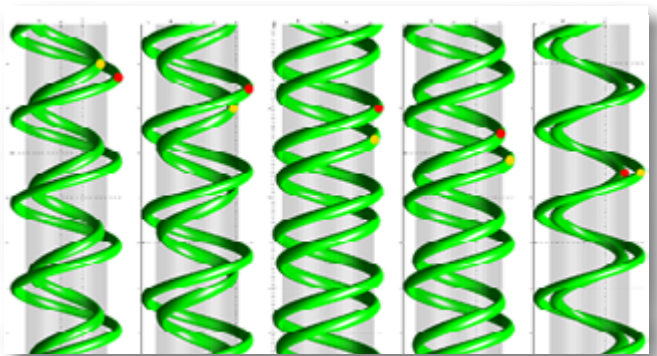


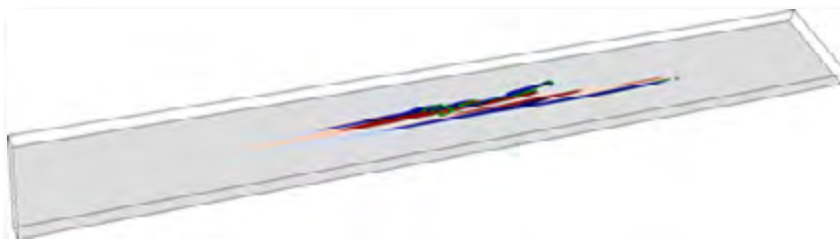
Figure 1: Séquence temporelle qui illustre le saute-mouton de deux vortex hélicoïdaux (les pastilles rouge et jaune permettent de différencier les deux tourbillons), une dynamique jusqu'à maintenant surtout connue dans le contexte des anneaux tourbillonnaires.

► **Écoulement en rotation avec surface libre**

Une activité expérimentale s'est mise en place afin de compléter les approches numériques traditionnellement développées au laboratoire sur les écoulements engendrés par des disques tournants. Notre principale cible est l'étude des transitions de régime pour des écoulements recirculants en milieux confinés. Pour la configuration particulière de la rotation d'un disque en présence d'une surface libre, deux situations ont été choisies. La première situation, pour laquelle la surface libre se déforme peu, est a priori d'un accès numérique simple. Cependant, lorsque les simulations sont confrontées aux expériences, un désaccord important subsiste sur les valeurs des seuils de transition. La thèse d'Antoine Faugaret vient de débiter sur ce sujet (décembre 2016), en particulier avec l'étude de l'influence des vibrations et des défauts expérimentaux sur la prédiction des seuils. Dans la thèse de Wen Yang en collaboration avec le FAST, débutée en octobre 2015, nous considérons une seconde situation, pour laquelle la surface libre se déforme fortement, obtenue pour des vitesses de rotation plus élevées. Très peu de données quantitatives telles que les profils de la surface libre, le champ de vitesse et les seuils de stabilité sont disponibles dans la littérature, dans le champ expérimental comme numérique. La prise en compte de la dynamique de la surface libre est abordée à l'aide de différents codes de calcul développés au laboratoire : ROSE (différences finies, méthode de Newton, maillage curviligne), BLUE, code de calcul (front tracking) développé par J. Chergui (P2I) et D. Juric (TSF) et SUNFLUIDH, code de calcul développé par Y. Fraigneau (P2I) qui intègre désormais la méthode level set. D'un point de vue expérimental, une technique de profilométrie par transformée de Fourier (développée au laboratoire PMMH) a été adaptée à notre configuration pour mesurer les hauteurs de fluide en tout point de la surface. Ces mesures sont complétées par une cartographie du champ de vitesse obtenue par vélocimétrie laser (LDV). L'objectif est tout d'abord de fournir un benchmark fiable pour ce type d'écoulement tournant diphasique. Cela nous permet de mieux comprendre les mécanismes physiques sous-tendant les motifs d'instabilité observés, parfois spectaculaires. L'ensemble de ces travaux est soutenu par le projet ETAE (Écoulement Tournant et Actionneurs Électroactifs) obtenu auprès de l'ANR en juillet 2016 dans le défi "Stimuler le renouveau industriel" associé à l'axe "Matériaux et procédés".

► **Transition sous-critique à la turbulence dans les écoulements de paroi**

Ce thème a pour objectif une compréhension, au niveau fondamental, des mécanismes régissant la transition vers la turbulence en présence d'un état de base laminaire linéairement stable. En particulier, la description de la dynamique des structures cohérentes typiques du régime transitionnel reste une question ouverte. Notre approche se base sur la théorie des systèmes dynamiques et sur des simulations numériques directes basées sur des méthodes spectrales parallèles. Elle consiste à identifier par des méthodes de dichotomie la nature de l'écoulement au seuil exact (en amplitude) de la transition. Cette approche a été étendue au cas des écoulements de Poiseuille plan (thèse de S. Acharya Neelavara, AERO) et aux écoulements de couche limite (avec ou sans aspiration à la paroi, voir figure 2),



où l'on prédit que les structures associées (« edge states ») sont spatialement localisées (thèse de T. Khapko). Ceci demande des ressources de calcul importantes afin de traiter des domaines de calcul étendus. Les mécanismes physiques responsables de l'auto-entretien puis de l'instabilité de ces structures sont étudiés en détail.

Figure 2 : Edge state dans une couche limite parallèle avec aspiration à la paroi. Isovaleurs de la vitesse horizontale (bleu : négatif, rouge : positif) et du critère tourbillonnaire λ_2 (vert). $Re=500$. Publié dans Khapko et al., J. Fluid Mech. 801 (2016).

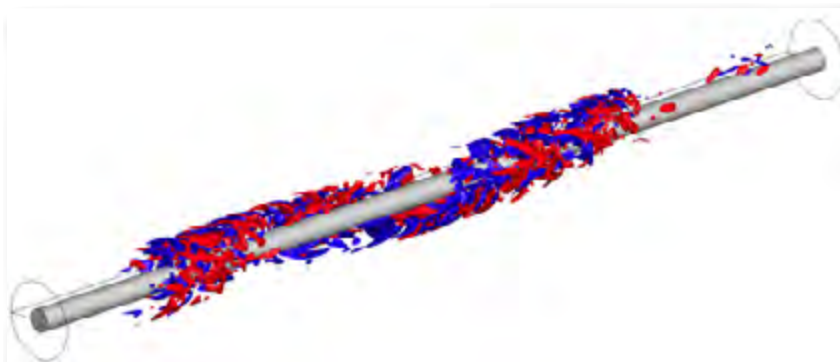


Figure 3 : Turbulence hélicoïdale. Visualisation des isovaleurs de la vitesse radiale au sein d'un écoulement en conduite annulaire, $Re\tau=56$ (collaboration avec Tokyo University of Science). Publié dans Ishida et al., J. Fluid Mech. 794 (2016).

Une seconde approche développée au LIMSI en collaboration avec KTH Stockholm (Suède) et Universität Philips Marburg (Allemagne) repose sur une analyse statistique de la dynamique spatio-temporelle des écoulements transitionnels sous-critiques. La formation aléatoire de poches de turbulence localisées dans un écoulement de couche limite soumis à une turbulence d'entrée intense a été étudiée par simulation numérique directe intensive et par simulation des grandes échelles. Les résultats quantitatifs obtenus ont été modélisés par une approche en termes d'automates cellulaires probabilistes (thèse de T. Khapko en collaboration

avec KTH Stockholm). La structure spatiale des poches de turbulence localisées dépend en fait fortement de la courbure de la paroi. L'étude paramétrique de l'écoulement au sein d'une conduite annulaire permet de comprendre de façon statistique la transition des structures laminaire/turbulent 1D vers des structures hélicoïdales typiques des écoulements plans (voir *figure 3*). L'influence d'une rugosité de paroi sur ces structures cohérentes a été également étudiée à l'aide d'un modèle numérique. Ce travail s'appuie sur une collaboration avec T. Tsukahara et T. Ishida (Tokyo University of Science, Japon).

► **Advection chaotique**

La dynamique lagrangienne de traceurs passifs dans les écoulements incompressibles est fondamentale pour déterminer les propriétés de mélange du système à haut nombre de Schmidt. Une approche théorique issue de la théorie du chaos dans les systèmes Hamiltoniens, couplée aux outils de simulation numérique actuels (méthodes spectrales, méthode d'analyse des bifurcations, capacité de calcul importante), a permis de faire des progrès dans la direction d'une quantification exacte des propriétés de mélange au sein d'une cavité bidimensionnelle différenciellement chauffée en présence d'une symétrie centrale (thèse de L. Oteski sur financement EADS, en collaboration avec L. Pastur (AERO)).

Thème : Convection

A. Sergent, D. Băltean-Carlès, P. Le Quéré, C.T. Pham, C. Weisman, C. d'Alessandro (AA), V. Daru (AERO), Y. Fraigneau (P2I), F. Jebali Jerbi (TSF), B. Podvin (AERO), C. Tenaud (AERO), M. Belkadi, L. Cadet, A. Castillo, L. Ma, E. Saikali.

Nous étudions des écoulements dont le mouvement est dû à des gradients de température ou de masse, à des changements de phase ou à un couplage de la thermique et de l'acoustique. Ces études s'inscrivent dans la continuité des projets précédents pour les systèmes en géométrie fermée (Rayleigh-Bénard, couplage convection-rayonnement, thermoacoustique). De nouveaux thèmes ont été traités comme des écoulements à surface libre de liquide en caléfaction. Nos études s'appuient sur des simulations numériques directes (DNS) performantes ou sur des modélisations des grandes échelles (Large Eddy Simulation, LES) ou encore sur des approches (semi)-analytiques. La comparaison avec des données expérimentales est largement utilisée dans la validation des modèles physiques et les choix de modélisations numérique et analytique.

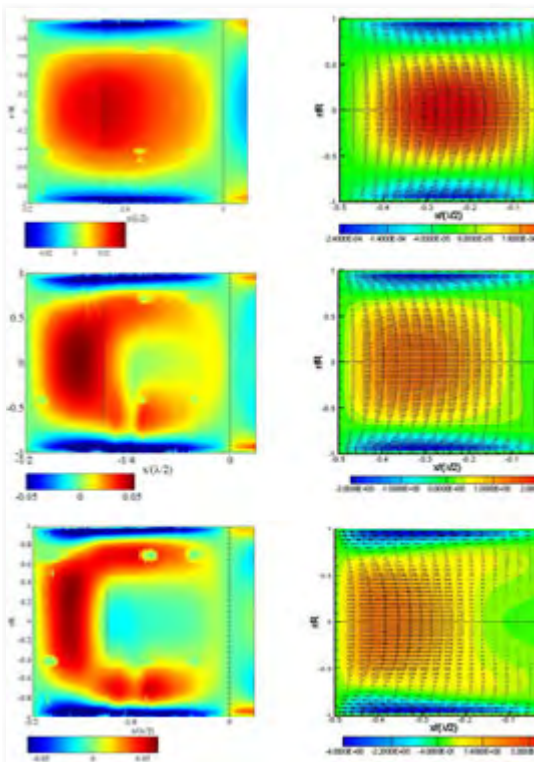
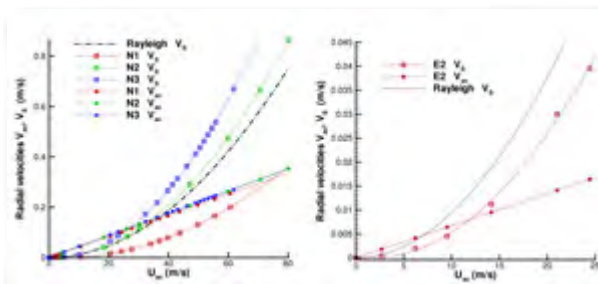


Figure 4 : Contours du streaming dans la moitié supérieure d'un résonateur en géométrie axisymétrique pour les deux régimes de streaming : résultats numériques et expérimentaux (publié dans Daru et al., JASA 2017)

► **Convection et thermoacoustique**

Nous avons poursuivi l'étude numérique du streaming non linéaire (code NS compressible en géométrie axisymétrique, V. Daru (AERO)) par l'analyse des mécanismes physiques responsables des changements de type d'écoulement observés et en particulier l'apparition de cellules supplémentaires (étude simultanée par simulation directe et par résolution des équations moyennées sur une période acoustique) (collab H. Bailliet, PPRIME et I. Rey, ENSAM). Les résultats des études numériques et l'analogie avec un écoulement en cavité entraînée ont montré que l'inertie n'est pas le mécanisme responsable de la mutation du streaming à forts niveaux acoustiques. Les études numériques et expérimentales ont également mis en évidence l'existence de deux régimes d'écoulement de streaming : un régime pour lequel la dépendance de la vitesse axiale de streaming en fonction de l'am-



Vitesses maximales de streaming radial (symboles vides) et acoustiques (symboles pleins) en fonction de U_{ac} (amplitude axiale maximale acoustique). Gauche: résultats numériques. Droite: résultats expérimentaux.

plitude de vitesse acoustique axiale est quadratique et un deuxième régime pour lequel cette dépendance devient linéaire. Le deuxième régime apparaît quand l'amplitude de la vitesse radiale de streaming dépasse l'amplitude de la vitesse radiale acoustique, le changement de régime étant dû à l'interaction non linéaire entre l'acoustique et le streaming (voir figures 4).

L'analyse faible Mach des machines thermoacoustiques (moteur et réfrigérateur) a été poursuivie suivant plusieurs axes : (a) étude numérique du seuil de l'instabilité thermoacoustique et analyse de l'influence de la charge sur le déclenchement d'un moteur thermoacoustique (publication des résultats de thèse de L. Ma, collab. L. Bauwens, Université de Calgary) et (b) adaptation du code à l'étude d'un réfrigérateur thermoacoustique et étude paramétrique (collab. O. Hireche, K. Nehar Belaïd, USTO Oran).

Les travaux de recherche sur les moteurs thermoacoustiques ont été appliqués récemment à l'étude des Thermophones (instruments de musique constitués d'un résonateur où le son est produit par procédé thermoacoustique) dans le cadre du projet Art&Sciences « Thermophonia » et d'une Action Incitative 2016 (collab. J. Rémus, artiste Ipotam Mécamusique, V. Daru (AERO), F. Jebali (TSF), C. d'Alessandro (AA)). Une étude de la modélisation et simulation des conditions de démarrage du son a été menée (stage M1, T. Hung, 2015). Deux thermophones ainsi que des bancs de mesure adaptés ont été installés et testés (stage M1 D. Reddy, 2016).

► Ondes linéaires et non linéaires dans des liquides en lévitation par effet Leidenfrost

Lorsqu'une goutte d'un liquide volatil est déposée sur une surface très chaude, elle peut léviter au-dessus du substrat grâce à la formation d'un film de sa propre vapeur : c'est l'effet Leidenfrost (ou caléfaction). Les gouttes en caléfaction sont limitées en volume et au-delà d'un certain volume, des cheminées apparaissent au milieu de la flaque liquide. Expérimentalement, cette limitation en volume peut être contournée en créant un tore liquide de grande taille déposé sur un substrat chaud en forme de demi-tore. Dans cette configuration, toute une zoologie d'écoulements existe : soit des cellules de convection, soit un grand écoulement toroïdal accompagné d'ondes de surface de forme polygonale qui brisent l'invariance par rotation azimutale du système (collab. Y. Couder et L. Limat, Laboratoire MSC, Paris Diderot).

Comprendre la nature de ces motifs polygonaux implique de comprendre les propriétés des ondes de surface dans un liquide en caléfaction. Pour ce faire, nous mettons en lévitation de l'eau au-dessus d'une rigole droite dont le profil de la section peut être contrôlé. Nous caractérisons le spectre des ondes de surface linéaires (donc de faible amplitude) se propageant dans ce milieu. Nous mesurons expérimentalement le spectre de ces ondes ainsi que leur relation de dispersion. Nous montrons analytiquement que les différentes branches de la relation de dispersion correspondent à la propagation d'ondes gravito-capillaires et d'ondes de ballottage. Notre système expérimental s'apparente ainsi à un système très faiblement dissipatif, soumis à une gravité réduite, où les effets capillaires deviennent alors importants (la longueur capillaire effective devient ici de l'ordre du centimètre). Enfin, nous nous intéressons aux ondes de grande amplitude et montrons expérimentalement et de manière semi-analytique qu'il est possible de propager dans ce milieu des solitons de Korteweg–de Vries d'amplitude négative grâce aux effets de gravité réduite de notre système (voir figure 5). C'est la première fois qu'ils sont observés expérimentalement sur une telle plage d'amplitude macroscopique (collab. Stéphane Perrard, James Franck Institute, Chicago, Luc Deike, Scripps Institute of Oceanography, San Diego).

En marge de ce système, en conservant la même géométrie de substrat, et en rendant ce dernier super-hydrophobe et sans le chauffer, nous nous intéressons à la propagation d'ondes dans un liquide dans une situation de non-mouillage. Ceci serait un moyen de quantifier la friction à la ligne de contact dans ce système.

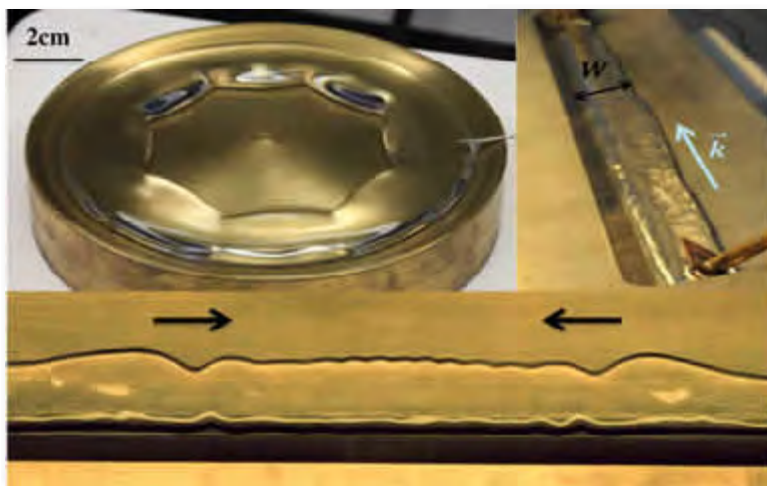


Figure 5: Gouttes en caléfaction.
En haut à gauche : facettage polygonal d'une goutte torique.
En haut à droite : goutte dans une rigole droite (longueur typique : 40 cm).
En bas, propagation de solitons de Korteweg–de Vries dans la goutte précédente (rigole droite, vue d'en haut).

► Convection de Rayleigh-Bénard turbulente

La convection turbulente de Rayleigh-Bénard est caractérisée par de fortes interactions entre petites et grandes échelles, ces dernières formant une circulation à grande échelle (LSC) qui est l'objet de renversements intermittents. Nous avons étudié la dynamique spatio-temporelle des renversements dans le cas d'une cavité 2D carrée suivant deux approches complémentaires : (i) la caractérisation de la dynamique des structures les plus énergétiques par analyse POD, (ii) l'identification d'un cycle caractéristique des renversements standards par analyse statistique.

À partir de DNS réalisées sur des temps physiques très longs (pouvant aller jusqu'à 2 semaines d'expérience), l'analyse de la dynamique temporelle des signaux temporels a permis de mettre au point une technique de séparation des périodes de renversements standards et des périodes de cessation. Le comportement temporel des premiers modes spatiaux POD, ainsi que leurs propriétés de symétrie ont été associés à ces régimes. Un modèle réduit basé sur les 3 premiers modes POD avec ajout de bruit a été proposé, qui reproduit de manière satisfaisante la dynamique globale et les échelles caractéristiques des régimes de renversements standards et de cessation (collab. B. Podvin AERO).

L'application d'une technique de filtrage des cessations a été combinée à un repliement temporel pour mettre en évidence un cycle générique des renversements standards. Trois phases successives composent ce cycle : des phases d'accélération, d'accumulation puis de relaxation incluant un rebond. Chacune de ces phases a été associée à des structures particulières d'écoulement (rouleaux de cœur, écoulements de coin et panaches) et analysée suivant une approche énergétique incluant énergie cinétique, énergie potentielle disponible et leurs taux d'évolution (thèse A. Castillo Castellanos, financement ED SMAER UPMC, 2013-2016, collab. M. Rossi IJLRA UPMC).

Nous nous proposons de reprendre la démarche initiée et de l'appliquer dans des géométries 3D avec introduction de rugosités, en vue d'analyser comment le forçage des petites échelles par les rugosités modifie la dynamique spatio-temporelle de la circulation à grande échelle remplissant la cavité. Une comparaison avec des résultats expérimentaux obtenus au Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon est envisagée (thèse M. Belkadi, financement EMP Algérie, 2016-2019, collab. B. Podvin (AERO), Y. Fraigneau (P2I)).

► Interaction rayonnement- turbulence

Ce thème concerne le couplage des phénomènes de convection et de rayonnement d'un milieu semi-transparent. Il correspond à une thèse en co-encadrement LASIE/LIMS/PPRIME (thèse L. Cadet, financement ED SI-MMEA La Rochelle, 2013-2016). La modélisation du rayonnement d'un milieu semi-transparent par une méthode des ordonnées discrètes associée à un modèle de gaz réel compact a permis de développer un code volumes-finis massivement parallèle pour le couplage convection rayonnement, donnant ainsi accès à des écoulements à haut niveau de turbulence (testé jusqu'à $Ra_{\mu} = 1.2 \cdot 10^{11}$). Ce code, appelé ROCOCO, a fait l'objet d'un dépôt APP. Après validation sur des cas tests de la littérature, l'influence des émissivités pariétales en cavité différentiellement chauffée a été mise en évidence dans le cas d'un couplage convection / rayonnement pariétal. Puis des résultats de simulations numériques directes dans le cas d'un gaz semi-transparent ont été comparés à des données expérimentales. Même si la comparaison présente encore des différences notables, notamment sur le champ thermique, une bonne corrélation des petites échelles thermiques de couche limite avec le champ du terme source radiatif a été mise en évidence, délimitant clairement les zones internes et externes de la couche limite thermique (voir figure 6). (collab. P. Joubert LaSIE, D. Saury et D. Lemonnier PPRIME)

► Panache binaire en cavité ventilée

L'utilisation de l'hydrogène (par exemple dans les piles à combustible) présente des inconvénients comme le fait que le mélange air-hydrogène est hautement inflammable. Une situation d'accident typique est la fuite d'hydrogène dans un environnement confiné (un garage) dans lequel l'accumulation d'hydrogène peut se révéler destructrice. C'est un problème classique de panache léger injecté par une source localisée dans un environnement semi-confiné (ici, une cavité ventilée), que nous souhaitons aborder via le coefficient d'entraînement. L'objectif de ce projet est de produire des résultats de référence à partir d'une validation des résultats numériques par l'expérimentation, et de se doter d'outils de simulation suffisamment fiables. On se place ici dans le cas d'un mélange d'hélium-air pour une gamme de paramètres (nombre de Grashof $Gr \sim 10^{10}$; nombre de Richardson volumique $Ri_v \gg 1$; nombre de Richardson d'injection $Ri_i \in [10 : 100]$) correspondant à un écoulement turbulent pour lequel une zone stratifiée stable s'établit entre les deux événements. Les premiers calculs réalisés avec le code SUNFLUIDH ont montré la forte sensibilité des résultats aux conditions aux limites, notamment au niveau des événements. De nouvelles conditions aux limites, modélisant l'interaction du volume fluide simulé avec l'environnement extérieur au domaine de calcul seront implémentées (thèse E. Saikali, financement CEA, 2014-2017, collab. C. Tenaud (AERO), Y. Fraigneau (P2I), G. Bernard-Michel CEA Saclay DEN/DM2S/STMF).

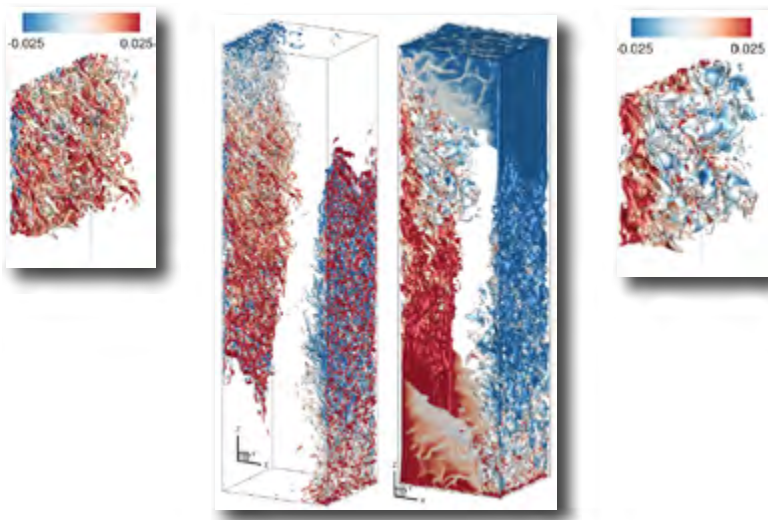


Figure 6 : Structures instantanées des couches limites verticales en cavité différemment chauffée en présence du rayonnement de l'air humide : $Ra = 1.2 \cdot 10^{11}$ (émissivités de parois 0.1, teneur en eau $x_{H_2O} = 0:0072$, température moyenne 292.15K, $H=3.84m$). Iso-surfaces du critère λ_2 (gauche) et de dissipation thermique (droite), colorées par l'intensité de la source radiative S_r . Le détail des couches limites aval est présenté sur les côtés de la figure (thèse L. Cadet).

Thème : Magnétohydrodynamique

C. Nore, W. Herreman, L. Cappanera, J. Commenge, J. Varela-Rodriguez, H. Zaidi, R. Zanella.

Les équations de la magnétohydrodynamique (MHD) décrivant le mouvement d'un fluide conducteur de l'électricité couplent les champs de vitesse et d'induction magnétique par la force de Lorentz et la loi d'Ohm. À l'aide de plusieurs codes de calcul développés au LIMSIS couplés à des modèles analytiques innovants, nous développons le sujet MHD au LIMSIS suivant trois axes principaux : 1) Les écoulements dans les batteries à métaux liquides (instabilité de Taylor, magnétoconvection, metal pad roll) ; 2) La génération d'un champ magnétique par le mouvement d'un fluide conducteur (dynamo VKS turbulent, optimisation de la dynamo); 3) le transfert thermique par un ferrofluide dans les transformateurs (magnétoconvection dans des ferrofluides).

► Caractérisation des écoulements dans les batteries à métaux liquides

Les énergies alternatives telles que les énergies éolienne et solaire sont prometteuses pour notre avenir mais sont générées de façon intermittente. La puissance électrique générée n'est pas forcément disponible au moment où nous en avons besoin et, pour cela, il est important de mettre en place des technologies de stockage massif d'énergie. Pour répondre à ce besoin, le groupe de D. Sadoway (MIT Boston) propose les batteries à métaux liquides. Comme dans une cellule galvanique, l'énergie électrique est stockée sous forme électro-chimique, à l'aide d'un triplet anode- électrolyte- cathode. Comparée à une batterie classique, cette batterie présente des électrodes constituées d'alliages de métaux liquides de différentes densités massiques qui, dans le champ de gravité, s'organisent en couches. Les électrodes liquides ont l'extrême avantage de se dégrader peu et sont suffisamment bon marché pour envisager de produire des batteries de grande taille capables de stocker des grandes quantités d'énergie. Une étude récente

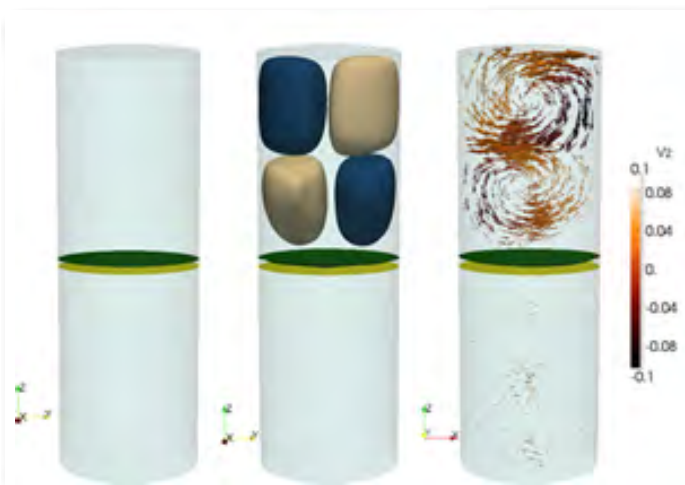


Figure 7 : Instabilité de Taylor dans les batteries à métaux liquides (publié dans Herreman et al., Journal of Fluid Mechanics, 771, 2015)

montre que des instabilités MHD peuvent se déclencher dans les métaux liquides pendant les phases de chargement – déchargement mais aussi aux interfaces. Ces mouvements fluides pouvant limiter le fonctionnement de la batterie, il est important de les caractériser afin de pouvoir les prévenir et les contrôler.

En 2014-2015, nous avons étudié une instabilité MHD appelée Taylor de manière théorique et numérique. Pour cela, nous avons implémenté la méthode level-set dans le code numérique SFEMaNS (collab. J.-L. Guermond, TAMU, Texas) du LIMSIS afin de pouvoir effectuer des simulations multiphasiques et MHD des instabilités fluides pendant les phases de chargement-déchargement. Ce travail a permis de borner des régimes sûrs de fonctionnement d'une batterie à métaux liquides, vis à vis de l'instabilité de Taylor (voir figure 7).

L'instabilité de Taylor n'est pas la seule à pouvoir intervenir dans des batteries. Dans le cadre de la thèse de J. Commenge (thèse ED SMEMAG, financement 2015-2018), nous caractérisons les écoulements de convection induits par le chauffage par effet Joule dans l'électrolyte. En parallèle, nous étudions aussi l'importance de l'instabilité du metal pad roll et ce en forte collaboration avec le HZDR de Dresden (N. Weber, F. Stefani, T. Weier), où des expériences sur les batteries sont en construction.

► **Dynamo Von Kármán Sodium**

L'expérience Von Karman Sodium (ou VKS) étudie la génération de champ magnétique par un écoulement turbulent de sodium liquide entraîné par deux turbines contra-rotatives, constituées de disques et de pales. C'est la seule à avoir obtenu des régimes de dynamo avec un champ magnétique se renversant au cours du temps comme le champ terrestre mais, pour cela, il faut que les turbines soient en fer doux. Le rôle de ce matériau ferromagnétique reste mystérieux et nous nous proposons d'y apporter des éléments de réponse en nous appuyant sur le code SFEMaNS (collab. J.-L. Guermond, TAMU, Texas). Les verrous scientifiques sont d'abord la prise en compte des pales en fer correspondant à une variation azimutale de la perméabilité magnétique mais aussi les grands nombres de Reynolds cinétiques de l'expérience (10^7). Une méthode envisagée pour lever le premier verrou est de considérer une perméabilité axisymétrique moyenne et de traiter les variations azimutales comme un terme source de l'équation d'induction (thèse de L. Cappanera, ED SMEMAG 2013-2016). Dans le cas simplifié de la dynamo cinématique où le champ de vitesse est supposé constant, un code numérique développé au GeePs et au LIMSIS et basé sur les éléments de Nédélec a permis de mettre en évidence le rôle de guide électromagnétique joué par les pales ferromagnétiques (post-doc Labex LaSIPS de H. Zaidi). Un autre ingrédient clé est le tourbillon hélicoïdal généré derrière chaque pale : il collimate tout champ magnétique pré-existant créant une amplification de ce champ, plus importante pour une pale ferromagnétique que conductrice (post-doc InterLabex de J. Varela-Rodriguez). Pour le second verrou, une technique de stabilisation non linéaire permet d'atteindre des grands nombres de Reynolds cinétiques. Nous avons ainsi réalisé les premières simulations tridimensionnelles réalistes de VKS (voir figure 8).

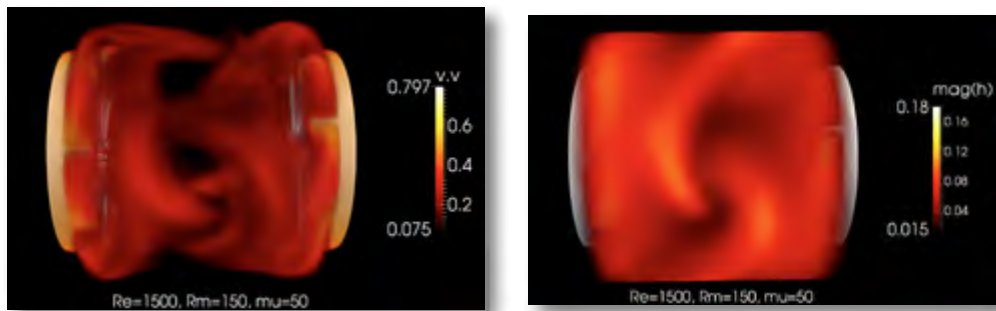


Figure 8 : Champs de vitesse (gauche) et magnétique (droite) pour une simulation numérique directe de l'effet dynamo dans l'expérience de von Kármán Sodium (publié dans Nore et al, Europhysics Letters, EPL, 114, 2016)

► **Optimisation de la dynamo**

Compte tenu de la difficulté pour produire de l'effet dynamo expérimentalement, il va de soi qu'étudier comment nous pouvons abaisser au maximum le seuil en nombre de Reynolds magnétique est intéressant. Des études d'optimisation ont donc toujours accompagné les campagnes expérimentales, mais ces optimisations ne portent en général que sur un nombre petit de paramètres. Dans un travail récent (A.P. Willis, 2012, PRL), A. Willis applique des méthodes d'optimisation variationnelle, pour trouver les écoulements les plus efficaces dans des espaces de paramètres gigantesques ($+10^5$ paramètres). Nous nous sommes familiarisés avec la méthode et nous avons développé ce sujet dans plusieurs nouvelles directions. Dans le cadre d'une co-supervision de thèse (2013-2017) à l'ETH Zurich, L. Chen (JFM 2015) a trouvé les dynamos stationnaires les plus efficaces dans des cubes et dans des sphères fermées. On trouve des dynamos pour des nombres de Reynolds magnétiques records que l'on peut directement comparer avec des bornes théoriques. Dans une étude séparée (JFM rapids 2016), nous utilisons le même type de méthode pour étudier de combien on doit perturber minimalement un écoulement non-dynamogène (cisaillement pur, écoule-

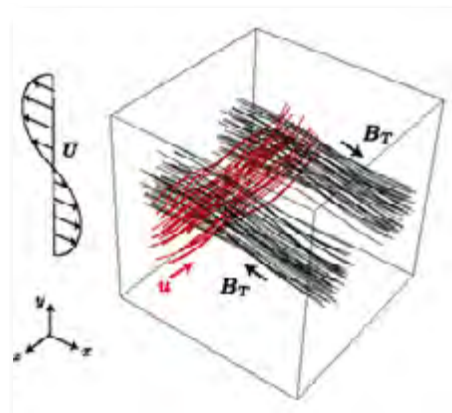


Figure 9 : Perturbations minimales qui engendrent l'effet dynamo dans les écoulements cisailés (publié dans Herreman, Journal of Fluid Mechanics Rapids, 795, 2016)

ment plan ou toroïdal) pour le transformer en un écoulement dynamogène à nombre de Reynolds magnétique (R_m) donné (voir figure 9). L'amplitude de la perturbation minimale de vitesse varie en $1/R_m$, ce qui fait penser au problème de la transition sous-critique dans les écoulements cisailés (Hof et al., 2003).

► **Modélisation électro-magnéto-thermique de suspensions ferrofluides**

Nous étudions la modélisation et la simulation de fluides magnétiques dans un contexte de transferts thermiques (thèse Labex LaSIPS de R. Zanella, en co-tutelle avec le GeePs). En particulier, on s'intéresse au refroidissement par magnétoconvection des transformateurs immergés dans des ferrofluides, constitués d'une huile végétale isolante électriquement, non magnétique et écologique, et de nanoparticules ferromagnétiques. Le modèle mathématique comporte les équations suivantes : magnétostatique, Navier-Stokes pour un fluide Newtonien et incompressible et conservation de l'énergie. Du fait des nanoparticules magnétiques, des termes de couplage apparaissent : un terme de forçage dans Navier-Stokes (force de Kelvin) et un terme faisant apparaître le champ magnétique dans la conservation de l'énergie. L'étude numérique se base sur un modèle simplifié constitué d'un solénoïde plongé dans une cuve de ferrofluide. Un cœur ferromagnétique et laminé est introduit au milieu du solénoïde afin de se rapprocher d'un transformateur réel et d'augmenter le champ magnétique dans le fluide. Cette configuration simple permettra de comparer les résultats numériques avec ceux expérimentaux menés au GeePs.

Équipe ETCM

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Baltean	Diana	MC		UPMC	01/09/2002	
Dang Vu	Claudine	PREM		U-Paris-Sud	01/10/1992	30/09/2015
Delbende	Ivan	MCHC	oui	UPMC	01/10/1998	
Duguet	Yohann	CR1		CNRS	01/10/2009	
Herreman	Wietze	MC		U-Paris-Sud	01/09/2010	
Le Quéré	Patrick	DRCE	oui	CNRS	01/01/1987	
Martin Witkowski	Laurent	MC		UPMC	01/09/2001	
Nore	Caroline	Pr1	oui	U-Paris-Sud	01/09/1996	
Pham	Chi-Tuong	MC		U-Paris-Sud	01/09/2008	
Sergent	Anne	MC	oui	UPMC	01/09/2001	
Weisman	Catherine	MCHC		UPMC	02/10/1995	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Belkadi	Mebarek	Doctorant	01/10/2016	
Cadet	Laurent	Ingénieur	01/10/2016	31/12/2016
Cadet	Laurent	Doctorant	01/10/2012	07/12/2015
Cappanera	Loïc	Doctorant	01/10/2012	03/12/2015
Castillo Castellanos	Andres Alonso	Doctorant	01/10/2013	
Commenge	Julien	Doctorant	01/10/2015	
Faugaret	Antoine	Doctorant	01/12/2016	
Hireche	Omar	Visiteur étranger	05/01/2015	02/02/2015
Oteski	Ludomir	Doctorant	01/10/2011	30/06/2015
Saikali	Elie	Doctorant	24/11/2014	
Selcuk	Can	Doctorant	01/01/2013	09/05/2016
Varela Rodriguez	Jacobo	CDD	01/09/2014	15/07/2015
Yang	Wen	Doctorant	01/10/2015	
Zanella	Raphaël	Doctorant	01/10/2015	

Contrats de recherche et valorisation

ETCM : Contrats institutionnels sur financement public									
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €	
Collaboration de recherche	ANR	PLASBorDDIAM	ANR	Blanc	N	Le Quéré Patrick	01/09/2011	31/08/2015	115 544
		HELIX	ANR	Blanc	N	Delbende Ivan	01/01/2013	31/12/2016	141 681
		ETAE	ANR	PRC	O	Martin-Witkowski	01/10/2016	30/09/2021	178 073
		Les Thermophones	IDEX	La Diagonale	N	Baltean-carles Diana	01/04/2015	30/06/2016	15 000
		Ecole d'été	IDEX	Labex Lasips	N	Delbende Ivan	01/12/2014	31/12/2015	1 000
		NANO-in-OIL	IDEX	Labex Lasips	N	Nore Caroline	20/05/2015	31/12/2019	104 500
		VKS Star	IDEX	Labex Lasips	N	Nore Caroline	01/09/2014	17/07/2015	50 000
		APRC	CNRS	PICS	O	Duguet Yohann	01/01/2014	31/12/2015	20 000

ETCM : Contrats industriels, contrats sur financement privé...									
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €	
Collaborations de recherche		Advection chaotique	EADS		O	Duguet Yohann	15/12/2011	31/12/2015	132 000

ETCM : Brevets, Dépôts APP, licences...						
	Dépôts APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire	
Valorisation	ROCOCO Logiciel de simulation des écoulements confinés fortement turbulents de convection naturelle en présence de rayonnement pariétal et de rayonnement des gaz pour un mélange de gaz. Code 3D instationnaire résolvant les équations de Navier-Stokes sous l'approximation de Boussinesq et l'équation du transfert radiatif (ETR) de manière couplée.	Sergent Anne, Fraigneau Yann	Cadet Laurent (UMR7356), Joubert Patrice (UMR7356), Saury Didier (UPR3346), Lemonnier Denis (UPR3346)	Nov-16	Dépôt APP en cours	
	SUNFLUIDH Logiciel de simulation d'écoulements instationnaires incompressibles ou dilatables (hypothèse de faible nombre de Mach), 3D, adapté à la simulation des écoulements réactifs et plus particulièrement aux applications des gaz ionisés.	Fraigneau Yann	-	May-13	Dépôt APP en cours	
	OLORIN Logiciel de simulation d'écoulements instationnaires incompressibles et faiblement compressibles (hypothèse de faible nombre de Mach), en configuration bidimensionnelle ou tridimensionnelle.	Fraigneau Yann	Le Quéré Patrick, Sergent Anne, Podvin Bérengère	Sep-10		
	Licences		Resp. LIMSI	Licencié	Date	Commentaire
		SUNFLUIDH_EDU	Martin Witkowski Laurent	Université Pierre et Marie Curie	Dec-12	version «éducation» du code SUNFLUIDH
		HELIX	Delbende Ivan	TU Darmstadt (All.)	Feb-13	

Production scientifique ETCM 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Cadet, L., *Étude du couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh en ambiances habitables* 2015, thèse de l'Université La Rochelle. Soutenue à La Rochelle, le 7 décembre 2015, 193 p.
2. Cappanera, L., *Stabilisation non linéaire des équations de la magnétohydrodynamique et applications aux écoulements multiphasiques* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 03/12/2015, 158 p.
3. Oteski, L., *Transition vers le chaos en convection naturelle confinée : descriptions lagrangienne et eulérienne* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 30 juin 2015, 161 p.
4. Selcuk, C., *Numerical study of helical vortices and their instabilities* 2016, thèse de l'UPMC. Soutenue à Orsay, France, le 09/05/2016, 200 p.
5. Sergent, A., *Numerical modelling of natural convection in confined domain*, 2015, HdR UPMC, soutenue à Orsay, le 14/12/2015. 66 p.

► Revues à comité de lecture

1. Blanco-Rodríguez, F., S. Le Dizès, C. Selcuk, I. Delbende, and M. Rossi, *Internal structure of vortex rings and helical vortices*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **785**: pp.219-247.
2. Cappanera, L., J.-L. Guermond, J. Léorat, and C. Nore, *Two spinning ways for precession dynamo*. Physical Review E, 2016. **93**: pp.13.
3. Castillo-Castellanos, A., A. Sergent, and M. Rossi, *Reversal cycle in square Rayleigh-Bénard cells in turbulent regime*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **808**: pp.614-639.
4. Chen, L., W. Herreman, and A. Jackson, *Optimal dynamo action by steady flows confined to a cube*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **783** (11): pp.23-45.
5. Delbende, I., B. Piton, and M. Rossi, *Merging of two helical vortices*. European Journal of Mechanics - B/Fluids, 2015. **49**: pp.363-372.
6. Duguet, Y., *Pipe flow clogged with turbulence*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **776**: pp.4 pages.
7. Gao, Z., B. Podvin, A. Sergent, and S. Xin, *Chaotic dynamics of a convection roll in a highly confined, vertical, differentially heated fluid layer*. Physical Review E, 2015. **91** (013006): pp.14p.
8. Hemmer, C., C.v. Popa, A. Sergent, and G. Polidori, *Heat and fluid flow in an uneven heated chimney*. International Journal of Thermal Sciences, 2016. **107**: pp.220-229.
9. Herreman, W., *Minimal flow perturbations that trigger kinematic dynamo in shear flows*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **795** (R1): pp.13p.
10. Herreman, W., C. Nore, L. Cappanera, and J.-L. Guermond, *Taylor instability in liquid metal columns and liquid metal batteries*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **771** (5): pp.79-114.
11. Ishida, T., Y. Duguet, and T. Tsukahara, *Transitional structures in annular Poiseuille flow depending on radius ratio*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **794** (R2): pp.10p.
12. Khapko, T., T. Kreilos, P. Schlatter, Y. Duguet, B. Eckhardt, and D.S. Henningson, *Edge states as mediators of bypass transition in boundary-layer flows*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **801** (R2): pp.10p.
13. Khapko, T., P. Schlatter, Y. Duguet, and D.S. Henningson, *Turbulence collapse in a suction boundary layer*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **795** (1): pp.356-379.
14. Kreilos, T., T. Khapko, P. Schlatter, Y. Duguet, D.S. Henningson, and B. Eckhardt, *Bypass transition and spot nucleation in boundary layers*. Physical Review Fluids, 2016. **1**: pp.9p.
15. Ma, L., C. Weisman, D. Baltean, I. Delbende, and L. Bauwens, *Effect of a resistive load on the starting performance of a standing wave thermoacoustic engine: A numerical study*. Journal of the Acoustical Society of America, 2015. **138** (2): pp.847-857.
16. Ma, L., C. Weisman, D. Baltean, I. Delbende, and L. Bauwens, *Numerical simulation of flow dynamics in the periodic regime in an idealized thermoacoustic engine*. Magnetohydrodynamics, 2015. **51** (3): pp.601-608.
17. Nore, C., D. Castanon Quiroz, L. Cappanera, and J.-L. Guermond, *Direct numerical simulation of the axial dipolar dynamo in the Von Karman Sodium experiment*. Europhysics Letters, 2016. **114** (65002): pp.6p.
18. Nore, C., D. Castanon Quiroz, J.-L. Guermond, J. Léorat, and F. Luddens, *Numerical dynamo action in cylindrical containers*. The European Physical Journal Applied Physics, 2015. **70** (3): pp.11.

19. Nore, C., J. Léorat, J.-L. Guermond, and A. Giesecke, *Mean-field model of the von Karman sodium dynamo experiment using soft iron impellers*. Physical Review E, 2015. **91** (1): pp.12p.
20. Nore, C., H. Zaïdi, F. Bouillaut, A. Bossavit, and J.-L. Guermond, *Approximation of the time-dependent induction equation with advection using Whitney elements: Application to dynamo action*. COMPEL - The international journal for computation and mathematics in electrical and electronic engineering, 2016. **35** (1): pp.326-338.
21. Perrard, S., L. Deike, C. Duchêne, and C.-T. Pham, *Capillary solitons on a levitated medium*. Physical Review E, 2015. **92**: pp.5.
22. Podvin, B. and A. Sergent, *A large-scale investigation of wind reversal in a square Rayleigh-Bénard cell*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **766**: pp.172--201.
23. Prigent, G., M.-C. Duluc, and P. Le Quéré, *Pressure and volume changes of an air bubble in a liquid water flow through a heated micro-channel*. International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 2015. **25** (7): pp.1746 - 1768.
24. Stefani, F., T. Albrecht, G. Gerbeth, A. Giesecke, T. Gundrun, J. Herault, and C. Nore, *Towards a precession driven dynamo experiment*. Magnetohydrodynamics, 2015. **51** (2): pp.83-92.
25. Varela, J., S. Brun, B. Dubrulle, and C. Nore, *Role of boundary conditions in helicoidal flow collimation: Consequences for the von Karman sodium dynamo experiment*. Physical Review E, 2015. **92** (6): pp.5.

► Chapitres d'ouvrage

1. Pham, C.-T., E. Falcon, F. Pétrélis, and M. Lefranc, *Comptes-rendus de la 18e Rencontre du non linéaire*. Vol. 18. 2015: Non-Linéaire Publications. 168p.
2. Pham, C.-T., É. Falcon, F. Pétrélis, and M. Lefranc, *Comptes-rendus de la 19e Rencontre du non linéaire* 2016. 159p.

► Conférences à comité de lecture

1. Cadet, L., P. Joubert, A. Sergent, D. Saury, and D. Lemonnier. *Couplage convection-rayonnement en cavité différentiellement chauffée à haut nombre de Rayleigh*. in *Congrès Français de Thermique*. 2015. La Rochelle. 8p.
2. Cadet, L., A. Sergent, P. Joubert, D. Lemonnier, and D. Saury. *Convection-radiation coupling in a differentially heated cavity at high Rayleigh number*. in *International Symposium on Turbulence, Heat and Mass Transfer*. 2015. Sarajevo, Bosnia-Herzegovina: Begell-House. 12p.
3. Castillo Castellanos, A.A., A. Sergent, and M. Rossi. *Effect of mechanical boundary conditions on the ow reversal in square Rayleigh-B enard cells*. in *Rencontre du Non-Linéaire*. 2015. Paris, France. 6p.
4. Daru, V., D. Baltean, I. Reyt, and C. Weisman. *Streaming non linéaire : rôle de la composante radiale acoustique*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans. 929-935.
5. Daru, V., D. Baltean, and C. Weisman. *Inertial Effects on Non Linear Acoustic Streaming*. in *International Symposium on Nonlinear Acoustics*. 2015. Lyon, France. 4p.
6. Faugaret, A., Y. Fraigneau, and L. Martin Witkowski. *Étude des instabilités de l'écoulement engendré par un disque tournant en présence de surface libre : Confrontation expérimentale et numérique*. in *Congrès Français de Mécanique*. 2015. Lyon, France. 3p.
7. Gao, Z., B. Podvin, A. Sergent, and S. Xin. *Lyapunov spectrum analysis of natural convection in a vertical, highly confined, differentially heated fluid layer*. in *International Conference on Chaotic Modeling, Simulation and Applications*. 2015. Paris, France. 253-264.
8. Garnier, C., A. Sergent, Y. Fraigneau, and P. Le Quéré. *Nouvelle approche numérique pour la modélisation des interfaces d'un canal vertical asymétriquement chauffé*. in *Congrès Français de Thermique*. 2015. La Rochelle, France. 8p.
9. Oteski, L., Y. Duguet, and L. Pastur. *Lagrangian mixing in natural convection*. in *Chaos, Complexity and Transport 2015*. 2015. Marseille. 10p.
10. Selcuk, C., I. Delbende, and M. Rossi. *Instabilities in helical vortex systems: linear analysis and nonlinear dynamics*. in *50th International Conference on Applied Aerodynamics*. 2015. Toulouse, France. 1.
11. Truong, D.H., C. Weisman, D. Baltean, F. Jebali Jerbi, and J. Rémus. *Etude du démarrage du son produit par un instrument de musique thermoacoustique : le thermophone*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans. 913-919.
12. Weisman, C., D. Baltean, I. Delbende, L. Ma, and L. Bauwens. *Effect of a resistive load on the starting performance of a standing wave thermoacoustic engine*. in *Eurotherm Symposium 107, 3rd International Workshop on Thermoacoustics*. 2015. University of Twente, Enschede, The Netherlands. 2p.

► Congrès sans actes, workshops

1. Acharya Neelavara, S., Y. Duguet, and F. Lusseyran. *Phase space analysis of plane Poiseuille flow in minimal flow unit channel*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Sevilla, Spain.
2. Capanera, L., J.-L. Guermond, W. Herreman, and C. Nore. *Momentum-based approximation of incompressible multiphase fluid flows*. in *Rencontre du Non-Linéaire*. 2015. Paris, France. 1.
3. Capanera, L., C. Nore, J.-L. Guermond, and W. Herreman. *Multiphase flow computations with MHD-code SFEMaNS*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.
4. Castillo Castellanos, A.A., M. Rossi, and A. Sergent. *Flow reversals in Rayleigh-Bénard with modified boundary conditions*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.
5. Castillo Castellanos, A.A., A. Sergent, and M. Rossi. *Flow reversals in Rayleigh-Bénard with modified boundary conditions*. in *International Conference on Rayleigh-Bénard Turbulence*. 2015. Göttingen, Allemagne. 6.
6. Delbende, I., C. Selcuk, and M. Rossi. *Instabilities in helical vortex systems*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Sevilla, Spain.
7. Delbende, I., C. Selcuk, and M. Rossi. *Simulations of helical vortex instability*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montréal, Canada. 1540-1541.
8. Duchene, C., S. Perrard, L. Deike, and C.-T. Pham. *Solitons capillaires à la surface d'un liquide en lévitation*. in *Rencontre du Non-Linéaire*. 2016. Université Paris Diderot. 1.
9. Duguet, Y. *Bypass transition in parallel and non-parallel boundary layer flows*. in *Workshop on Extreme Events and Criticality in Fluid Mechanics: Computations and Analysis*. 2016. Toronto, Canada.
10. Duguet, Y. and Y. Maistrenko. *Kuramoto-Sakaguchi model as an extended system: synchronisation, chimera, puffs and spatio-temporal intermittency*. in *Dynamics Days Europe 2016*. 2016. Corfu, Grèce. 1.
11. Duguet, Y., L. Oteski, and L. Pastur. *Lagrangian chaos in two-dimensional confined oscillatory convection*. in *International Conference on Chaotic Modeling, Simulation and Applications*. 2015. Paris, France.
12. Khapko, T., T. Kreilos, P. Schlatter, Y. Duguet, B. Eckhardt, and D. Henningson. *Localized structures on the edge in boundary layers and their traces in bypass transition*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montréal, Canada: ICTAM. 2p.
13. Nore, C. *Numerical simulation of the von Kármán sodium experiment*. in *European GdR dynamo*. 2016. Barcelone, Espagne.
14. Nore, C. *Taylor instability in liquid metal columns and in liquid metal batteries*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montréal, Canada.
15. Nore, C., W. Herreman, J.-L. Guermond, and L. Capanera. *Taylor instability in liquid metal columns and in liquid metal batteries*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.
16. Oteski, L., Y. Duguet, and L. Pastur. *Routes to Chaos via Three-Frequency Tori in a Differentially Heated Cavity*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France.
17. Podvin, B. and A. Sergent. *A model for reversals in turbulent Rayleigh-Bénard convection*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France. 1.
18. Podvin, B. and A. Sergent. *Large-Scale Circulation Reversals in a 2D Rayleigh-Bénard Cell*. in *EUROMECH European Turbulence Conference*. 2015. Delft, Netherlands. 2.
19. Podvin, B. and A. Sergent. *POD analysis of a square Rayleigh-Bénard cell: wind reversal dynamics*. in *International Conference on Rayleigh-Bénard Turbulence*. 2015. Goettingen, Germany.
20. Podvin, B. and A. Sergent. *On a blocking mechanism for wind reversal in a square Rayleigh-Benard cell*. in *European Fluid Mechanics Conference*. 2016. Séville, Espagne. 1.
21. Rémus, J., D. Baltean, and C. Weisman. *Thermophones*. in *Ateliers du Forum IRCAM*. 2015. Paris.
22. Selcuk, C., I. Delbende, and M. Rossi. *Helical vortex systems: linear instability analysis and nonlinear dynamics*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
23. Selcuk, C., I. Delbende, and M. Rossi. *Helical vortex systems: linear instability analysis and nonlinear dynamics*. in *Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics 2015*. 2015. Paris, France. 1.
24. Selcuk, C., I. Delbende, and M. Rossi. *Helical vortex systems: linear analysis and nonlinear dynamics*. in *Congrès Français de Mécanique*. 2015. Lyon, France. 1.
25. Selcuk, C., I. Delbende, and M. Rossi. *Instabilities in helical vortex systems: linear analysis and nonlinear dynamics*. in *Fluid-Structure Interactions and Vortex Dynamics in Aerodynamics*. 2015. Porquerolles, France.

26. Sergent, A., C. Garnier, and P. Le Quéré. *Cheminée et simulation numérique : le problème des conditions limites*. in *Congrès Français de Thermique*. 2015. La Rochelle.
27. Varela, J., C. Nore, B. Dubrulle, and S. Brun. *The alpha effect in the Von-Karman-Sodium experiment: influence of the whirl location, magnetic field orientation and boundary conditions*. in *International Symposium Bifurcations and Instabilities in Fluid Dynamics*. 2015. Paris, France. 1.
28. Yang, W., G. Cui, J. Chergui, Y. Fraigneau, I. Delbende, and L. Martin Witkowski. *Benchmarking rotating flow with free surface deformation*. in *Workshop on Numerical Modeling of Liquid-Vapor Interfaces in Fluid Flows*. 2016. Paris, France. 1.

TSF

Transferts Solide-Fluide

Michel PONS

Le groupe Transferts Solide-Fluide axe ses recherches sur des questions faisant intervenir de façon prépondérante, soit les transferts de chaleur, soit l'énergétique. C'est aussi le groupe du Département Mécanique-Energétique avec la plus forte composante expérimentale, expériences portant sur les transferts aux interfaces, sur l'énergie solaire, sur la thermoacoustique ou sur la convection naturelle instationnaire. Des calculs numériques viennent compléter ces mesures pour contribuer à une analyse plus profonde. Pour les écoulements diphasiques, les analyses de procédés, ou l'advection chaotique, l'approche est cependant exclusivement numérique.

L'effectif du groupe reste stable autour de dix permanents, dont sept enseignants-chercheurs, deux chercheurs CNRS et un Ingénieur de Recherche CNRS, à temps partiel pour le groupe car il dirige aussi la cellule CTMO.

Pendant les années 2015 et 2016, cinq thèses ont été soutenues, les membres du groupe ont participé à dix dépôts de nouveaux projets de recherche à l'ANR, l'IRS de Paris-Saclay, au LaSIPS (Labex Sciences de l'Ingénieur de Paris-Saclay) et au programme Energie de l'INSIS du CNRS, avec succès pour trois d'entre eux.

En interne au LIMSI, le groupe collabore avec F. Lusseyran, L. Pastur, C. Tenaud (groupe AERO), Y. Duguet (groupe ETCM), J. Chergui et Y. Fraigneau (Pôle P2I). En externe, le groupe collabore avec FAST, IPNO, IEF, GeePs, LMD, LMT, LPICM, IRSTEA, CEA/IRFU, CEA/LITEN, EM2C, PMMH, IMT, PIMENT, LIED et aussi avec Hongik Univ. (South Korea), Imperial College (London), Univ. Chile (Santiago), Berkeley, LIMMS (Tokyo).

Thème 1 : Dynamique et transferts en fluide diphasique

N. Grenier, D. Juric, avec contributions de C. Tenaud (AERO) et J. Chergui (P2I)

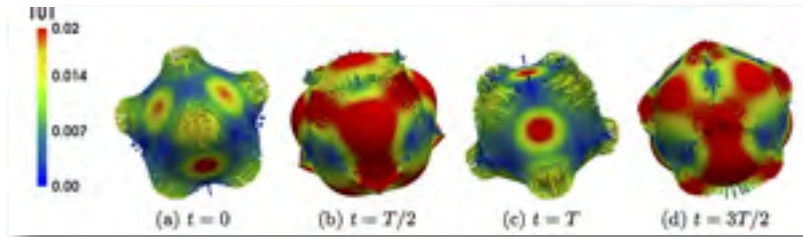
La dynamique des écoulements diphasique est étudiée dans le groupe selon deux approches numériques complémentaires. Un premier outil est basé sur un suivi lagrangien de l'interface, pour des fluides incompressibles, et se focalise sur l'étude des instabilités de l'interface. Le deuxième outil est dérivé d'un modèle de mélange bi-fluide (avec capture d'interface diffuse), avec une approche compressible dans le régime des faibles nombres de Mach, et se concentre sur l'étude des écoulements avec transferts à l'interface.

► **BLUE, un code HPC en DNS 3D pour écoulements diphasiques**

En collaboration avec Imperial College (London), Hongik Univ. (Corée du Sud) et l'Univ. du Chili (Santiago), nous poursuivons le développement du code parallèle à hautes performances BLUE dédié à la simulation d'écoulements multiphasiques et multi-physiques. BLUE combine des algorithmes rigoureux (i) de front-tracking pour le suivi Lagrangien d'interfaces déformables avec traitement précis des forces de tension superficielles, (ii) de l'advection de l'interface et (iii) de la conservation de la masse. La méthode pour traiter les interfaces fluides hybride les techniques de front-tracking et de level-set, avec une interface définie comme une discontinuité dans le champ de densité et décrite par un réseau lagrangien local à mailles triangulaires. Cette structure permet à l'interface de subir de grandes déformations, allant jusqu'aux ruptures et coalescences lors de fusion de bulles ou au détachement de gouttes.

Nous avons étudié une large gamme d'écoulements diphasiques : (i) ondes de Faraday planes et sphériques, (ii) instabilité de Rayleigh-Taylor sur une interface sphérique sous forçage extrême avec L. Tuckermann (PMMH), ou (iii) écoulements très visqueux dans des canaux microfluidiques divergents avec N. Ribe (FAST). En outre, nous continuons d'explorer, avec L. Kahouadji (Imperial College, London), des applications de microfluidique dans des jonctions en croix ou en T, et avons obtenu d'excellents accords avec les résultats expérimentaux dans des régimes d'écoulement piston, de gouttes ou de jets. Nous avons aussi réalisé des simulations massivement parallèles sur des écoulements

de jet diphasiques à haute vitesse dans les sprays. Enfin, en collaboration avec E. Knobloch (Berkeley), nous étudions comment la diffusion du CO₂ atmosphérique dans l'océan est augmentée par l'action des vagues et via la dispersion de Taylor.

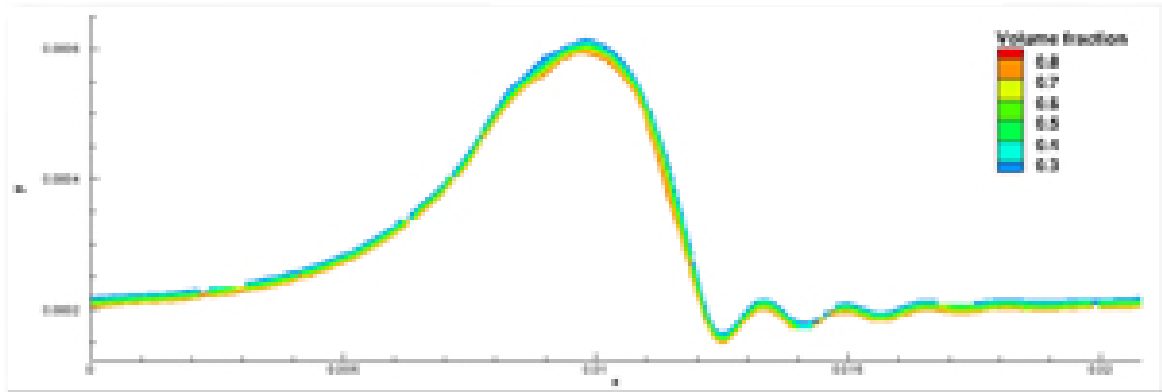


Ondes de Faraday sphériques en symétrie D4 : Champs de vitesse.

► **Écoulements diphasiques dans le régime des faibles nombres de Mach**

Cette approche est basée sur un modèle bi-fluide compressible. Afin d'étendre les possibilités d'utilisation de ce modèle par la suite, celui-ci a été implémenté dans la bibliothèque DassFlow (logiciel libre développé par le CNRS, l'Université de Toulouse et l'Institut de Mathématiques de Toulouse), et des développements spécifiques ont porté sur la prise en compte des effets thermiques. Puis, dans le cadre de l'ANR WavyFILM (débutée en mars 2016, en partenariat avec le FAST et l'industriel Air Liquide) portant sur l'amélioration des transferts de chaleur et de masse dans les films liquides soumis à un contre-écoulement de gaz dans les procédés de distillation, des premières validations ont été menées sur des configurations de films liquides ruisselants. Les premiers résultats permettent de juger que le modèle choisi est bien adapté à ce type de configuration. Des améliorations sont à poursuivre afin de retrouver quantitativement les caractéristiques de l'écoulement et d'inclure les phénomènes de transfert de chaleur et de masse au niveau de l'interface. Ces développements feront l'objet du travail du post-doctorat financé par ce projet, sur les deux prochaines années.

En complément de cette approche de simulation purement directe, une piste alternative de couplage de modèles a aussi été explorée sur ces configurations de films liquides ruisselants. Il s'agit de modéliser d'une part le film avec un modèle réduit (équations de Barré-Saint-Venant) et d'autre part le gaz avec une approche directe. Les travaux préparatoires sur chacun de ces modèles ont permis de construire et valider les éléments de base. Le couplage de ces deux modèles à l'interface se fait ensuite par échange d'informations des contraintes (visqueuse et pression) et de la déformation de la surface du liquide (via un maillage déformable et une formulation Arbitrary Lagrange Euler). Cette partie fait encore l'objet de travaux en cours.



Ondes capillaires à la surface d'un film liquide ruisselant sur une paroi verticale

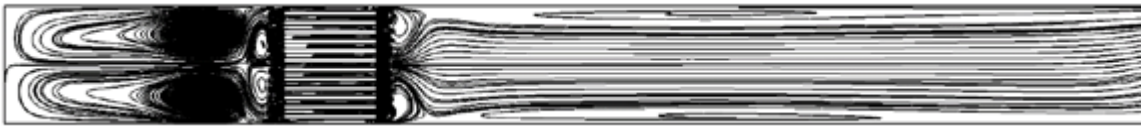
Thème 2 : Dynamique et transferts en fluide oscillant

S. Kouidri, F. Jebali Jerbi, G. Defresne.

Ces recherches sont principalement centrées sur la compréhension de la dissipation énergétique dans les machines à conversion d'énergie de type thermoacoustique. Les non linéarités dues au fort niveau de pressions acoustiques (jusqu'à 140 dB à 40 bars de pression moyenne) engendrent des écoulements secondaires qui se superposent à l'écoulement oscillant. Le gradient de température dans la cellule génératrice se trouve ainsi réduit, ce qui provoque une dégradation considérable de l'efficacité énergétique. Le Limsi dispose d'un moteur à onde progressive de type Swift-Backhaus constitué d'une partie rectiligne et d'une partie annulaire. Après avoir caractérisé, par mesure de la pression et des profils de vitesse acoustique, les écoulements oscillant et moyen dans la partie rectiligne, les derniers travaux réalisés ont exploré l'écoulement secondaire dans la partie annulaire. Appelé streaming de Gedeon, cet

écoulement peut être réduit par l'installation d'un organe passif de type jet-pump et agissant comme une diode. Selon des travaux expérimentaux récents, la jet-pump entrainerait une diminution de 40% de la vitesse acoustique et par conséquent de la puissance acoustique. Nos mesures de la vitesse de l'écoulement de streaming ne mettent pas en évidence un tel effet de la Jet-pump [Banquet, Rapport].

Les premiers résultats des travaux effectués dans le cadre du projet ENERMODEON (Labex LaSIPS) ont permis de valider le modèle physique sur un moteur à onde stationnaire [Mahdaoui et al., 2016]. L'objectif final est de déterminer par la simulation numérique l'influence de la jet pump sur le streaming de Gedeon en prenant en compte les couplages acoustiques entre tous les éléments de la machine réelle. Les résultats obtenus et illustrés sur la figure ci-dessous montrent bien la présence d'un écoulement moyen d'ordre 2 se caractérisant par la présence de structures bien distinctes et de tailles différentes selon que l'on se trouve en amont ou en aval du stack.



Topologie de l'écoulement de streaming de Gedeon

Thème 3: Transferts thermiques solide/superfluide et aux jonctions micro-nano

J. Amrit, L. Yu

Nos recherches sont axées sur les transferts thermiques à micro/nano échelle. Nous étudions en particulier le transport de chaleur aux interfaces et dans des structures de type MEMS (MicroElectroMechanical Systems), à des températures inférieures à 2K.

► Résistance thermique à l'interface entre le silicium et hélium-superfluide

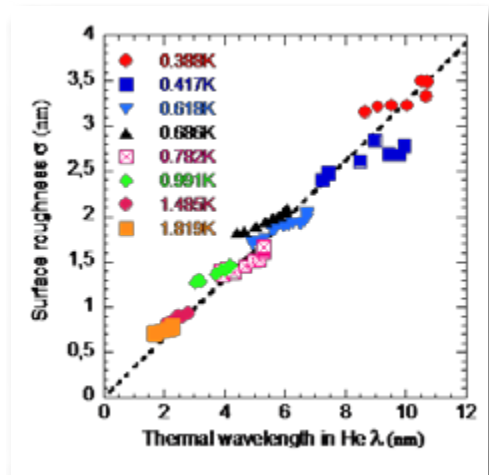
Depuis longtemps, nous corrélons cette résistance à la diffusion résonante des phonons sur l'interface. Cette diffusion se manifeste quand la longueur d'onde d'un phonon dans l'hélium (2-15 nm) devient comparable à la taille des rugosités de la surface. Nos mesures par microscopie à force atomique et l'analyse de la densité spectrale des fluctuations de hauteurs ont confirmé la distribution gaussienne de la rugosité nanométrique de la surface. Nous avons ainsi expliqué, pour la première fois depuis 70 ans, l'origine de la résistance thermique à une interface solide/superfluide. Ce travail est publié dans la revue Nature Materials (Février, 2016) et dans les actualités du CNRS : www.cnrs.fr/insis/recherche/actualites/2016/06/kapitza.htm.

Par ailleurs, nous avons réinterprété les mesures effectuées par Kapitza en 1940 de la résistance thermique entre le cuivre et le superfluide [Amrit, Low Temp. Phys., 2016]. Actuellement nous étudions l'interface entre le Si et l'He solide.

► Transport thermique en régime balistique

Nous avons étudié par simulation Monte Carlo le transport thermique dans des nano-rubans de silicium en régime balistique, régime pour lequel les collisions de phonons avec les parois sont dominantes. En simulant le spectre de phonons transmis en fonction de la géométrie du ruban (longueur, largeur, rugosité de surface), nous avons mis en évidence une transition du régime balistique vers le régime diffus. La fréquence thermique à laquelle cette transition s'effectue varie inversement avec la rugosité de surface [Ramière et al., J. Phys. D, 2016], qui joue donc le rôle de filtre pour les phonons de haute fréquence, avec une fréquence de coupure qui contrôle la conductance thermique. Le comportement de cette fréquence de coupure en fonction des paramètres géométriques a été établi.

Dans une deuxième étude [Ramière et al., 2017], nous examinons le comportement de la longueur d'onde dominante, représentative d'une distribution de phonons. Il s'agit d'un paramètre important lorsque les nanostructures sont susceptibles de présenter des effets de confinement. Nous avons démontré que la longueur d'onde dominante



Corrélation expérimentale entre la rugosité de surface et la longueur d'onde des phonons

subit un décalage, que nous nommons blueshift, en présence d'un flux de chaleur à travers un ruban de silicium. Contrairement à toute attente, le décalage est plus important pour de faibles différences de températures. Certaines mesures de la conductance thermique des nanofils peuvent maintenant être réinterprétées.

► **Propriétés thermoélectriques de nouveaux matériaux (Thèse de Lantao Yu)**

L'objectif est de déterminer le facteur de mérite ZT pour différents matériaux à forts potentiels thermoélectriques (CsSnI₃, Bi₂Te₃ et ZnO). Les propriétés électroniques (conductivité électrique, structure de bande électronique, coefficient de Seebeck...) sont calculées ab initio par les logiciels ABINIT et BoltzTrap (qui résout les équations de transport de Boltzmann). Les propriétés thermiques (structure de bande de phonons) sont déterminées par le logiciel Phonopy et par dynamique moléculaire (logiciel LAMMPS). L'influence d'impuretés sur le ZT est quantifiée dans le cas de ZnO [Yu et al., 2015].

Thème 4 : Transferts convectifs appliqués et énergie solaire

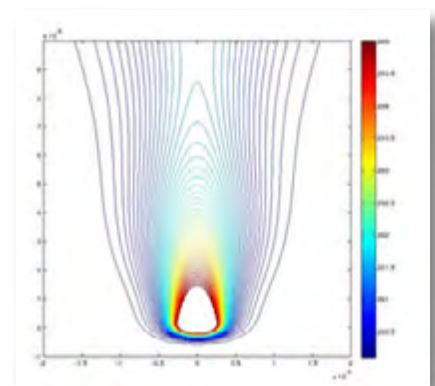
M. Pons, V. Bourdin, M.-C. Duluc, M. Jarrahi, M. Firdaouss, E. Tapachès, M. Pavlov, S. Wullens.

► **Convection naturelle externe autour d'une source linéique engendrée par un chauffage pulsé**
M.-C. Duluc, avec la contribution de Y. Fraigneau (P2I)

L'étude porte sur l'impact d'un chauffage modulé autour d'une valeur moyenne sur la convection naturelle externe induite par une source linéique. Il s'agit de comprendre comment la perturbation thermique générée en paroi se transmet au sein du fluide où un écoulement de convection naturelle est déjà installé.

Une première étude a été réalisée en considérant un chauffage pulsé de type « flux imposé ». Une double approche, expérimentale et numérique, a été mise en œuvre. La configuration étudiée est un fil de Platine immergé dans un large volume d'eau liquide. Les simulations numériques sont réalisées avec le code maison SUNFLUIDH.

La réponse en fréquence du système « fil-fluide » à des oscillations sinusoïdales du flux thermique a été mise en évidence. Le transfert de chaleur à la paroi peut ainsi être représenté à l'aide d'un classique diagramme de Bode indiquant l'amplitude des oscillations de la température du fil dans la plage de fréquences comprise entre 0 et 100 Hz. Pour aller au-delà du modèle théorique simplifié publié en 2014 (qui retrouve une bonne partie des résultats expérimentaux), le transfert de chaleur dans le plan vertical médian au-dessus du fil a été étudié plus en détail, grâce aux simulations numériques et malgré les faibles surchauffes mises en jeu au sein du fluide.



Champ de température fluctuant dans le planche au-dessus du fil chaud

Nous proposons un adimensionnement approprié qui permet de comparer les signaux de température et de vitesse en différentes positions et pour des fréquences entre 0 et 100 Hz. Une analyse des phénomènes observés dans le plan vertical médian au-dessus de la source linéique a été conduite en développant un modèle 1D d'advection-diffusion qui s'est avéré en bon accord observé avec les calculs SUNFLUIDH. Nous avons donc pu mettre en évidence l'impact des champs de vitesse et de température présents dans le fluide avant déclenchement des perturbations sinusoïdales [Duluc & Fraigneau, Int. J. Therm. Sci., revised]).

L'étape en cours porte sur l'impact d'un chauffage pulsé à température imposée (conditions Dirichlet au lieu de Neumann). Toujours par comparaison avec les simulations SUNFLUIDH, nous testons les capacités du modèle 1D d'advection-diffusion pour de nouvelles conditions de chauffage à bien rendre compte des déphasages des oscillations de température, point non-traité dans l'étude à flux imposé.

Comparé aux simulations numériques SUNFLUIDH, le modèle 1D s'avère pertinent quand la fréquence dépasse une valeur critique proche de 0,8 Hz. En deçà de cette fréquence, les oscillations de température présentent même une amplification. Ce phénomène de résonance qui pourrait être en lien avec les instabilités naturelles du panache thermique, fait l'objet du travail en cours.

► Hydrodynamique des micro-nageurs

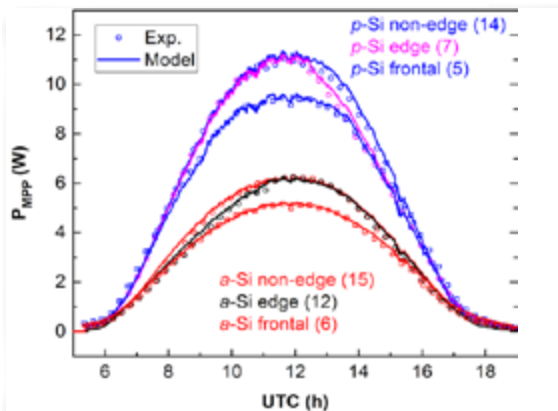
M. Jarrahi

Les micro-organismes vivent souvent dans un milieu aquatique, et ceux qui sont nageurs, cherchent des nutriments grâce à leur autopropulsion (motilité). L'hydrodynamique de leur environnement peut jouer un rôle important dans leur motilité, leur croissance et en général dans leur comportement. Dans le cadre d'une thèse co-encadrée à l'université Paris-Diderot (décembre 2016), nous avons décrit par un modèle l'effet du stress hydrodynamique présent dans les bioréacteurs sur la motilité des micro-organismes (*Chlamydomonas reinhardtii* et *Synechocystis*) pendant différentes phases de leurs cycles de croissance.

Dans la même thématique, une collaboration avec le FAST a débuté depuis fin 2016 pour étudier le mélange et le transport par des micro-nageurs (biomixing). La nage de microorganismes crée une zone de mélange dans leur environnement proche. Nous étudions ce mélange ainsi que le transport des traceurs passifs par des micro-nageurs. Cette étude nécessite le développement d'une technique de visualisation à micro-échelle et du traitement d'images qui permettra ensuite d'analyser l'hydrodynamique du mélange. Les mesures préliminaires réalisées en décembre 2016 ont donné des informations utiles au développement d'un traitement d'images adapté au suivi des micro-nageurs ainsi qu'à la conception des microcavités de test.

► Association Photovoltaïque (PV) + Miroirs plans- Experiences, simulations et analyses.

V. Bourdin, M. Pons, M. Pavlov



Augmentation de la production (de frontal à non-edge) par miroirs pour deux technologies (amorphe et polycristallin), comparaison mesures-calculs.

La thématique s'intéresse au développement de solutions techniques industrialisables pour augmenter la production photovoltaïque par l'association de miroirs aux modules et par l'optimisation de leur gestion.

Le projet comporte trois grands axes : (i) caractérisations des composants (cellules, modules, réflecteurs, convertisseurs électriques...) en environnement réel – vieillissement et dégradation, (ii) développement des solutions modules + miroir, (iii) intégration des renouvelables dans les smart grids (prévision de production et d'incertitude de production, gestion, stockage)

Issue du projet ALEPh, l'expérience initialement montée en collaboration avec le GeePs continue à produire des données sur le site du SIRTA (bientôt 3 ans sur ce site). Elle a été le support expérimental de la thèse soutenue en Octobre 2016 par Marko Pavlov qui a permis de développer les outils de calcul et de dimensionnement

et de démontrer l'intérêt du concept. Elle permet aussi d'alimenter des stages pour les étudiants de M2 de Paris-Saclay et les élèves ingénieurs en particulier de l'École Polytechnique. La collaboration concerne aujourd'hui aussi le LMD et le LPICM. Nous travaillons à un démonstrateur de puissance 12kW type ALEPh pour alimenter un microgrid du futur bâtiment SIRTA (2018). Nous avons aussi développé une maquette « nano-grid » qui sert de support à la thèse de Fausto Calderon (sous la codirection de A. Migan, J. Badosa et V. Bourdin).

Nous collaborons ainsi au consortium de laboratoires de Paris-Saclay « Grid for Earth » et au groupe de travail sur la transition énergétique « TREND-X » de l'École Polytechnique. Nous sommes en collaboration avec deux « jeunes pousses » du photovoltaïque pour développer les systèmes PV+miroirs dans deux directions pour des applications de puissances supérieures à 300 kW.

► Ecoulements darcéens obliques en milieux poreux anisotropes

M. Firdaouss

Dans un écoulement du type Stokes, bidimensionnel et stationnaire à travers un milieu poreux soumis à un gradient macroscopique de pression, vitesse et pression sont régies par la loi de Darcy. Le milieu poreux modèle est décrit par une cellule de base périodique rectangulaire (avec inclusion d'un cylindre) de largeur W , hauteur H et rapport de forme $A=H/W$. Dans le cas d'arrangement en quinconce, la géométrie est isotrope pour $A=1$ (réseau carré) ou $A=\sqrt{3}$ (réseau hexagonal). Nos techniques d'homogénéisation, basées sur le développement limité en double échelle de la vitesse et de la pression, permettent d'obtenir numériquement le système de Stokes dans la cellule de base périodique. S'en déduit la loi de Darcy reliant le gradient

macroscopique de pression à la vitesse macroscopique par l'intermédiaire du tenseur de perméabilité K . L'anisotropie de ce tenseur dépend de l'anisotropie du milieu avec un résultat contre-intuitif : $K_{yy} > K_{xx}$ pour $1 < A < \sqrt{3}$, et $K_{yy} < K_{xx}$ pour $\sqrt{3} < A < 2.5$.

► **Efficacité énergétique des coulis d'hydrates pour les procédés de réfrigération secondaire**
M. Pons, T. Dufour

Cette recherche s'inscrit dans une des voies suivies par l'industrie du froid pour réduire les émissions, par les machines frigorifiques de grandes tailles, de gaz à très fort effet de serre; ces émissions sont dues aux fuites de réfrigérant. En conséquence, les grands volumes de réfrigérant devraient être progressivement remplacés par des circuits secondaires de distribution de froid. Pour cette application, les coulis d'hydrates-clathrates, et en particulier d'hydrates mixtes mettant en jeu le CO₂, offrent des perspectives nouvelles car leurs températures de fusion se situent au-dessus de 0°C et sont éventuellement adaptables via la pression de gaz.

La première approche développée en collaboration avec IRSTEA (projet Formhydable du CNRS-INSIS-Energie) portait sur les performances énergétiques de la réfrigération secondaire en fonctionnement stationnaire. Un modèle du procédé complet a été construit sous Matlab. Pour chaque coulis envisagé, le système est dessiné de façon à délivrer la puissance frigorifique demandée sous les contraintes de surface d'échange totale donnée, de conditions d'écoulement censées éviter le blocage des canalisations par les cristaux, et de pertes de charges limitées. Il est donc toujours possible d'adapter le dimensionnement du procédé à l'enthalpie de fusion et à la viscosité du coulis, et la fraction de cristaux donne lieu à optimisation. Au final, la température de fusion reste LA caractéristique qui dicte en dernier ressort l'efficacité énergétique du procédé. L'analyse premier principe montre que c'est cette température qui détermine indirectement le COP du groupe froid, via la température d'évaporation de celui-ci. L'analyse second principe montre que la perte d'exergie dans les échangeurs qui extraient la chaleur aux utilisateurs est directement proportionnelle à l'écart entre la température d'application du froid (par ex. 25°C pour la climatisation) et cette température [Pons et al., SFT 2015 et 2016, ECOS 2015, IIR-PCM 2016]. Les développements récents incluent les effets globaux de la cinétique de cristallisation / fusion des cristaux d'hydrates avec là aussi des effets relativement inattendus, mettant plus en jeu les températures que les constantes de temps (projet CoolHyd du LaSIPS, avec ENSTA). Dans le cadre du projet ANR Crisalhyd, piloté par IRSTEA, c'est un modèle dynamique d'une boucle de distribution de froid qui est construit, dans le but de simuler les transitoires rapides imposés dans le réseau par les régulations individuelles des différents utilisateurs, et leurs conséquences sur les utilisateurs. Un tel modèle pourra donner lieu à l'étude de stratégies de contrôle, et donc à évaluer le potentiel d'efficacité énergétique existant dans les possibilités de conduite intelligente de telles boucles. Ce travail est en cours.

Équipe TSF

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Amrit	Jay	MC	oui	U-Paris-Sud	01/09/1996	
Defresne	Gérard	PRAG		U-Paris-Sud	01/10/1993	31/12/2015
Duluc	Marie-Christine	MCHC	oui	CNAM	01/10/1993	
Firdaouss	Mouaouia	MCHC	oui	UPMC	07/08/1990	
Grenier	Nicolas	MC		U-Paris-Sud	01/09/2013	
Jarrahi	Mojtaba	MC		U-Paris-Sud	01/09/2012	
Jebali Jerbi	Fathi	MC		UPMC	01/10/1993	
Juric	Damir	CR1	oui	CNRS	06/12/2005	
Kouidri	Smaïne	PR1	oui	UPMC	01/09/2007	
Pons	Michel	DR2	oui	CNRS	01/07/1987	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Ali	Moussa Moindze	Doctorant	14/01/2015	
Dufour	Thomas	Doctorant	01/01/2015	
Ebo Adou	Ali-Higo	Doctorant	01/10/2012	14/12/2015
Mahdaoui	Mustapha	CDD	02/04/2015	31/03/2016
Pavlov	Marko	Doctorant	01/10/2013	25/10/2016
Tapachès	Emeric	Doctorant	18/06/2012	29/04/2015
Wullens	Sébastien	Doctorant	01/09/2010	23/10/2015
Xu	Bingrui	Doctorant	01/10/2012	08/04/2016
Yu	Lantao	Doctorant	01/11/2014	

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Banquet	Jean-Philippe	01/02/2016	15/07/2016
Kuidjo	Emmanuel	04/04/2016	31/08/2016
Liu	Songqian	04/05/2015	31/08/2015
Syed	Jean	02/05/2016	31/08/2016
Taghvaei	Robin	01/04/2016	31/08/2016
Tarot	Maxime	01/06/2016	29/07/2016
Zhou	Ziqiang	18/07/2016	26/08/2016

Contrats de recherche et valorisation

TSF : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR	CRISALHYD	ANR	PRCE	N	Pons Michel	10/1/2014	3/31/2019	102 072
	WAVYFILM	ANR	PRCE	N	Grenier Nicolas	01/10/2015	30/09/2019	134 306
Collaborations de recherche	Enermodeon	IDEX	Labex Lasips	N	Kouidri Smaïne	26/08/2014	31/12/2016	56 700
	Kaptiza	IPNO		O	Amrit Jairaj	4/1/2009	31/12/2019	0

TSF : Contrats industriels, contrats sur financement privé...								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Prestation de service	TUBSOL	E. Balzer		O	Bourdin Vincent	31/08/2015	15/10/2015	5 500
		Air Liquide		O	Grenier Nicolas	01/07/2016	31/12/2016	3 000

TSF : Brevets, Dépôts APP, licences...					
	Brevet - Dépôt APP	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date	Commentaire
Valorisation	Blue : prédiction d'écoulements diphasiques incompressibles à partir de données caractérisant la configuration du milieu	Juric Damir Chergui Jalel	-	Oct-12	étude de brevetabilité en cours, dépôt APP en cours
	Création d'entreprise	Créateur		Date	Commentaire
	Hekyom	François Maurice-Xavier	-	2002	

Production scientifique TSF 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Ebo Adou, A.-H., *Études numériques d'instabilités d'une goutte sphérique* 2015, thèse de l'UPMC. Soutenue à Paris, France, le 2015-12-14, 122 p.
2. Pavlov, M., *Modélisation numérique du couplage thermique-photoélectrique pour des modules photovoltaïques sous faible concentration* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 25 Oct. 2016, 187 p.
3. Seghiri, A., *Comportement des systèmes thermoacoustiques avec prise en compte du gradient de température transverse* 2016, thèse de l'Université des Sciences et de la Technologie. Soutenue à Alger, le 1 juin 2016, 164 p.
4. Tapachès, E., *Estimation du Potentiel de la Technologie Solaire Thermodynamique à Concentration en Climat Non Désertique - Application à La Réunion* 2015, thèse de l'Université de La Réunion. Soutenue à St-Pierre-de-La-Réunion, le 29/04/2015, 216 p.
5. Wullens, S., *Étude numérique de la ventilation naturelle, mise en oeuvre d'un modèle fin dans une simulation de thermique du bâtiment* 2015, thèse de l'Université Grenoble-Alpes. Soutenue à Le Bourget du Lac, France, le 23/10/2015, 149 p.
6. Xu, B., *Hydrodynamique de fluides élançés à bas nombres de Reynolds* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 2016-04-08, 130 p.

► Revues à comité de lecture

1. Amrit, J., *A review of surface effects in Kapitza's experiments on heat transfer between solids and helium II*. Low Temperature Physics/Fizika Nizkikh Temperatur, 2016. **42** (8): pp.617-621.
2. Baudouy, B., G. Defresne, P. Duthil, and J.-P. Thermeau, *Transfert de chaleur à basse température*. Techniques de l'Ingénieur, 2015. pp. BE9812-1 - BE981-24.
3. Feuillebois, F., M.L. Ekiel-Jezewska, E. Wajnryb, and A. Sellier, *High-frequency viscosity of a dilute suspension of elongated particles in a linear shear flow between two walls*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **764**: pp.133-147.
4. Feuillebois, F., M.L. Ekiel-Jezewska, E. Wajnryb, A. Sellier, and J. Blawdziewicz, *High-frequency effective viscosity of a dilute suspension of particles in Poiseuille flow between parallel walls*. Journal of Fluid Mechanics, 2016. **800**: pp.111-139.
5. Ghalia, N., F. Feuillebois, and A. Sellier, *A sphere in a second degree polynomial creeping flow parallel to a plane, impermeable and slipping wall*. Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics, 2016. **69** (4): pp.353-390.
6. Kahouadji, L., N. Perinet, L.S. Tuckerman, S. Shin, J. Chergui, and D. Juric, *Numerical simulation of supersquare patterns in Faraday waves*. Journal of Fluid Mechanics, 2015. **772** (R2): pp.12.
7. Karami, M., E. Shirani, M. Jarrahi, and H. Peerhossaini, *Mixing by time-dependent orbits in spatiotemporal chaotic advection*. Journal of Fluids Engineering, 2015. **137** (1): pp.011201-1_011201-13.
8. Paridaens, R., S. Koudri, and F. Jebali Jerbi, *Time-averaged second-order pressure and velocity measurements in a pressurized oscillating flow prime mover*. Journal of Mechanical Science and Technology, 2016. **30** (11): pp.4971-4978.
9. Pavlov, M., A. Migan-Dubois, V. Bourdin, M. Pons, M. Haeffelin, and J. Badosa, *Experimental and Numerical Study of the Influence of String Mismatch on the Yield of PV Modules Augmented By Static Planar Reflectors*. IEEE Journal of Photovoltaics, 2015. **5** (6): pp.1686-1691.
10. Perinet, N., C. Falcon, J. Chergui, D. Juric, and S. Shin, *Hysteretic Faraday waves*. Physical Review E, 2016. **93** (063114): pp.5p.
11. Prigent, G., M.-C. Duluc, and P. Le Quéré, *Pressure and volume changes of an air bubble in a liquid water flow through a heated micro-channel*. International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 2015. **25** (7): pp.1746 - 1768.
12. Ramière, A., S. Volz, and J. Amrit, *Geometrical tuning of thermal phonon spectrum in nanoribbons*. Journal of Physics D: Applied Physics, 2016. **49** (11): pp.8 p.
13. Ramière, A., S. Volz, and J. Amrit, *Thermal resistance at a solid/superfluid helium interface*. Nature Materials, 2016. pp.6.
14. Seghiri, A., S. Koudri, and A. Azzi, *Generalization of the thermoacoustic form functions for evaluating the transverse temperature gradient effect*. Heat Mass Transfer, 2015. pp.11.
15. Xu, B., J. Chergui, S. Shin, and D. Juric, *Three-dimensional simulations of viscous folding in diverging microchannels*. Microfluidics and Nanofluidics, 2016. **20:140**: pp.11.

► Conférences à comité de lecture

1. Dufour, T., J. Oignet, H.-M. Hoang, D. Leducq, A. Delahaye, L. Fournaison, and M. Pons. *Dynamic modelling of secondary refrigeration loop with CO₂ hydrate slurry*. in *IIR Conference on Phase Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning*. 2016. Karlsruhe, Germany: Int. Institute of Refrigeration, Paris, France. 181-188.
2. Dufour, T., J. Oignet, H.-M. Hoang, D. Leducq, A. Delahaye, L. Fournaison, and M. Pons. *Impact of pressure on the dynamic behavior of CO₂ hydrate slurry during storage process*. in *IIR Conference on Phase Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning*. 2016. Karlsruhe, Germany: Int. Institute of Refrigeration, Paris, France. 189-197.
3. Fadlallah, H., M. Jarrahi, E. Herbert, R. Ferrari, A. Mejean, and H. Peerhossaini. *Effects of Shear Stress on the Growth Rate of Micro-Organisms in Agitated Reactors*. in *ASME 2016 Fluids Engineering Division Summer Meeting*. 2016. Washington, DC, USA: ASME. 9.
4. Hoang, H.-M., A. Delahaye, L. Fournaison, J. Oignet, C. Du Pont de Romemont, and M. Pons. *Simulation thermodynamique d'une boucle de réfrigération secondaire : effets de la nature du coulis et du taux de cristallisation*. in *Congrès Français de Thermique*. 2015. La Rochelle: Patrick Salagnac et Didier Saury. 8.
5. Hoang, H.-M., A. Delahaye, L. Fournaison, J. Oignet, C. Du Pont de Romemont, and M. Pons. *Thermodynamic modelling of formation/dissociation cycles of two-phase slurries in secondary refrigeration system*. in *International Congress of Refrigeration*. 2015. Yokohama, Japan. 8.
6. Jarrahi, M., J.-P. Thermeau, and H. Peerhossaini. *Heat Transfer Enhancement in Split and Recombine Flow Configurations: a Numerical and Experimental Study*. in *ASME 2016 Summer Heat Transfer Conference*. 2016. Washington, DC, USA: ASME. 8p.
7. Mahdaoui, M., R. Bennacer, and S. Kouidri. *Numerical investigation of thermoacoustic engine using implicit large eddy simulation*. in *European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering*. 2016. Crete, Grece. 11p.
8. Mahdaoui, M., S. Kouidri, R. Bennacer, N. Martaj, and M.M. Ali. *Energy Efficiency of Thermoacoustic Systems - Study of Acoustic Streaming In Standing Wave Resonator*. in *IEEE conference, International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC'15)*. 2015. Marrakech, Morocco. 5p.
9. Mangi, F.H., T. Lemenand, D. Della Valle, M. Jarrahi, and H. Peerhossaini. *Intensification des transferts thermiques dans un échangeur chaotique par des écoulements pulsés*. in *Congrès Français de Thermique*. 2015. La Rochelle, France.
10. Pavlov, M., A. Migan, V. Bourdin, M. Pons, M. Haeffelin, and J. Badosa. *Experiment and modelling of photovoltaic modules under solar flux augmented by planar reflectors in a Paris suburb climate*. in *International Conference on Efficiency, Cost, Optimization Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*. 2015. Pau, France: J.-P. Bédécarrats Ed., Pub. Pau Univ. France. 12.
11. Pavlov, M., A. Migan, V. Bourdin, M. Pons, M. Haeffelin, and J. Badosa. *Experimental and numerical study of the influence of string mismatch on the yield of PV modules augmented by static planar reflectors*. in *IEEE Photovoltaic Specialists Conference*. 2015. New Orleans, LA, USA. 1-3.
12. Pons, M., A. Delahaye, H.-M. Hoang, and L. Fournaison. *Couplage entre rhéologie, transferts thermiques et thermodynamique dans les performances d'une boucle de réfrigération secondaire en stationnaire*. in *Congrès Français de Thermique*. 2016. Toulouse, France: SFT-Paris France. 973-980.
13. Pons, M., H.-M. Hoang, A. Delahaye, and L. Fournaison. *Thermodynamic analysis of secondary refrigeration loops: effects of slurry type and flow conditions*. in *International Conference on Efficiency, Cost, Optimization Simulation and Environmental Impact of Energy Systems*. 2015. Pau, France: J.-P. Bédécarrats Ed., Pub. Pau Univ. France. 12.
14. Pons, M., H.-M. Hoang, A. Delahaye, and L. Fournaison. *Coupled effects of slurry rheology, heat transfers, and thermodynamics on performance of secondary refrigeration loops in steady-state operation*. in *IIR Conference on Phase Change Materials and Slurries for Refrigeration and Air Conditioning*. 2016. Karlsruhe, Germany: Int. Institute of Refrigeration, Paris, France. 41-50.
15. Truong, D.H., C. Weisman, D. Baltean, F. Jebali Jerbi, and J. Rémus. *Etude du démarrage du son produit par un instrument de musique thermoacoustique : le thermophone*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans. 913-919.
16. Yu, L., W. Kassem, R. Bude, L. Divay, J. Amrit, and S. Volz. *Thermoelectric property analysis of CsSnX₃ Materials (X=1, Br, Cl)*. in *International Workshop Thermal Investigations of ICs and Systems*. 2015. Paris, France: IEEE. 5p.

► Congrès sans actes, workshops

1. Badosa, J., J. Nassar, A. Migan-Dubois, V. Bourdin, M. Pavlov, T. Mambrini, and M. Haeffelin. *Banc de caractérisations avancées de modules photovoltaïques de différentes technologies installé à l'observatoire atmosphérique du SIRTa*. in *Journées Nationales du PhotoVoltaïque*. 2015. Dourdan, France.

2. Chergui, J. and D. Juric. *Parallel direct numerical simulation of three-dimensional spray formation*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
3. Chergui, J., D. Juric, S. Shin, L. Kahouadji, R. Craster, and O. Matar. *Three-dimensional direct numerical simulation of falling liquid films*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
4. Chinaud, M., E. Roumpea, A. Panagiota, J. Chergui, D. Juric, and O. Matar. *Numerical simulation of liquid-liquid plug formation in a T-shaped cylindrical micro-channel*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
5. Ebo Adou, A.-H., L. Tuckerman, D. Juric, J. Chergui, and S. Shin. *Radially Forced Liquid Drops*. in *Rencontre du Non-Linéaire*. 2015. Paris.
6. Fadlallah, H., M. Jarrahi, E. Herbert, and H. Peerhossaini. *Effect of cell size and shear stress on bacterium growth rate*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, MA, USA.
7. Farhaoui, A., L. Kahouadji, J. Chergui, D. Juric, S. Shin, R. Craster, and O. Matar. *Three-dimensional direct numerical simulations of co/counter-current vertical gas-liquid annular flows*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
8. Juric, D., J. Chergui, L. Kahouadji, and O. Matar. *Parallelised direct numerical simulation of three-dimensional wavy falling films*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
9. Juric, D., J. Chergui, S. Shin, L. Kahouadji, A. Farhaoui, and O. Matar. *Computing Complex Multiphase Flows on Massively Parallel Computers*. in *Enabling Process Innovation through Computation*. 2016. Banff, Canada.
10. Juric, D., L. Kahouadji, J. Chergui, S. Shin, R. Craster, and O. Matar. *CODE BLUE: Three dimensional massively-parallel simulation of multi-scale configurations*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
11. Juric, D., S. Shin, L. Kahouadji, and O.K. Matar. *Computing Complex Multiphase Flows with BLUE*. in *International Conference on Multiphase Flow*. 2016. Florence.
12. Kahouadji, L., Z. Che, O. Matar, S. Shin, J. Chergui, and D. Juric. *Numerical simulation of droplet impact on interfaces*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
13. Kahouadji, L., J. Chergui, D. Juric, O. Matar, and S. Shin. *Massively Parallel Direct Numerical Simulation of 3D Jet Flows*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montreal, Canada. 2p.
14. Kahouadji, L., J. Chergui, D. Juric, O. Matar, and S. Shin. *Numerical simulation of liquid-liquid plug formation in a T-junction and complex cross shaped microchannels*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montreal, Canada. 2p.
15. Kahouadji, L., J. Chergui, D. Juric, O. Matar, and S. Shin. *3D Plug Formation in T-Junctions and Complex Cross-Shaped Microchannels*. in *International Congress of Theoretical and Applied Mechanics*. 2016. Montreal, Canada.
16. Kahouadji, L., J. Chergui, D. Juric, S. Shin, R. Craster, and O. Matar. *Numerical simulations of vibrating sessile drop*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
17. Kahouadji, L., D. Juric, J. Chergui, R. Craster, and S. Shin. *Three dimensional direct numerical simulation of complex jet flows*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
18. Kahouadji, L., O. Matar, J. Chergui, D. Juric, and S. Shin. *Massive parallel direct numerical simulations of three-dimensional jet flows*. in *International Conference on Multiphase Flow*. 2016. Florence.
19. Kovalchuk, N., L. Kahouadji, M. Simmons, R. Craster, O. Matar, D. Juric, J. Chergui, and S. Shin. *Formation of surfactant-laden drops: comparison of experimental and numerical results*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
20. Mangi, F.H., T. Lemenand, D. Della Valle, M. Jarrahi, and H. Peerhossaini. *Intensification des transferts thermiques dans un échangeur chaotique par un écoulement pulsé sinusoïdal*. in *Congrès Français de Thermique 2016*. 2016. Toulouse, France.
21. Migan-Dubois, A., T. Mambrini, J. Badosa, M. Haeffelin, J. Nassar, M. Pavlov, and V. Bourdin. *Multi-technology photovoltaic module test bench on the SIRT meteorological and climate observatory*. in *AUST International Conference on Technology*. 2015. Abuja, Nigeria. 19.
22. Nowak, E., M. Simmons, L. Kahouadji, R. Craster, O. Matar, D. Juric, J. Chergui, and S. Shin. *Experimental and numerical study of a complex cross-junction microchannel*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
23. Pavlov, M., A. Migan-Dubois, V. Bourdin, M. Pons, J. Badosa, and M. Haeffelin. *Modélisation du « string mismatch » dans les installations PV équipées de réflecteurs*. in *Journées Nationales du PhotoVoltaire*. 2015. Dourdan, France. 17.

24. Pavlov, M., A. Migan-Dubois, A. Jaffre, V. Bourdin, M. Pons, J. Badosa, and M. Haeffelin. *Projet ALEPH : Caractérisations avancées et modélisation d'un système photovoltaïque équipé de réflecteurs plans*. in *Journées nationales du photovoltaïque - 2016*. 2016. Dourdan. 22.
25. Pena, C., L. Kahouadji, O. Matar, J. Chergui, D. Juric, and S. Shin. *Numerical simulations of pendant droplets*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
26. Shin, S., Z. Che, O. Matar, J. Chergui, and D. Juric. *Numerical and experimental study of rotating jet flows*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2015. Boston, USA.
27. Xu, B., J. Chergui, S. Shin, and D. Juric. *Three dimensional simulations of viscous folding in diverging microchannels*. in *Annual Meeting of the APS Division of Fluid Dynamics*. 2016. Portland, Oregon, US.
28. Yu, L., S. Volz, and J. Amrit. *Thermoelectric properties of Al-doped ZnO based on ab-initio methods and molecular dynamics*. in *European Conference on Thermoelectrics*. 2016. Lisbon, Portugal.
29. Yu, L., S. Volz, and J. Amrit. *Thermoelectric properties analysis of Bi₂TexSe_{3-x}*. in *European Theoretical Spectroscopy Facility*. 2016. London, UK.

ILES

Information, Langue écrite et Signée

Pierre Zweigenbaum

Le groupe ILES se consacre au traitement automatique des données langagières écrites (à leur analyse, leur compréhension ou leur production ainsi qu'à l'acquisition des connaissances nécessaires pour y arriver) et signées (modélisation et traitement automatique des langues des signes).

Quelle sémantique, quelles informations sont véhiculées par des énoncés langagiers écrits ou signés, comment les représenter, comment les détecter, comment évaluer la qualité des résultats obtenus, le tout à travers la grande variété de formes et d'origines de ces énoncés ? Ces questions constituent les thèmes de recherche du groupe, thèmes dans lesquels sens et représentation jouent un rôle clé :

- modélisation, représentation, constitution et annotation de corpus, évaluation (thème « Corpus et représentations »)
- réconciliation de la variété et variation (thème « Multilinguisme et paraphrase »)
- détection, accès à l'information (thème « Extraction d'informations précises »)
- enjeux des énoncés signés (thème « Modélisation et traitement automatique des langues des signes »)

Les travaux du groupe s'attaquent à des données complexes. Ces données sont naturelles (productions humaines : texte libre, verbatim), hétérogènes et multidimensionnelles (multiples niveaux de segmentation et de représentation, multiples modalités), de grande dimension (millions de mots différents, milliers voire millions de concepts), d'une grande variété (nombreuses dimensions de variation des énoncés et des corpus, avec des langues, des domaines, des genres, et des niveaux de langue multiples).

Les méthodes employées, qui sont détaillées dans chaque thème, vont de la modélisation linguistique à l'apprentissage automatique, avec pour la langue des signes l'étude du mouvement. Elles nécessitent de ce fait des compétences pluridisciplinaires.

La visibilité du groupe dans la communauté recherche provient, outre ses publications, de la conception et réalisation de corpus annotés (tweets et sentiment, capture de mouvement pour la langue des signes, textes parallèles et comparables, entités et relations dans les textes biomédicaux, etc.), l'organisation de campagnes d'évaluation nationales et internationales (DEFT, CLEF, SemEval, BUCC, WMT), et par sa participation et l'obtention de bons résultats à des campagnes d'évaluation internationales (Clinical TempEval, NGRID).

Le groupe donne de l'importance à l'impact sociétal de ses travaux qu'il mène souvent en collaboration avec des utilisateurs ou des entreprises : ressources pour l'enseignement de la langue des signes avec Visuel-LSF, vérification de faits avec les Décodeurs du journal Le Monde, détection d'effets secondaires de médicaments pour l'Agence nationale de sécurité du médicament, patient virtuel dialoguant avec la société Interaction Healthcare en sont quelques exemples.

Le groupe entretient de nombreuses collaborations scientifiques. Au sein du LIMSI, il collabore avec les groupes TLP (multilinguisme et traduction, compréhension robuste et dialogue, corpus), AMI (analyse de mouvement et visualisation) et CPU (perception). Il a construit un réseau de partenaires dans l'Université Paris-Saclay, où le LIMSI est le seul laboratoire dont un des thèmes majeurs est le traitement de la langue, avec notamment le CEA, le LRI, INRIA Paris-Saclay, l'INRA et le CIAMS.

Il collabore plus largement avec actuellement une vingtaine d'équipes en France et une quinzaine d'équipes à l'étranger, aussi bien dans le cadre de projets subventionnés ou de cotutelle de thèse que pour l'organisation d'ateliers et de campagnes d'évaluation.

Ces collaborations se concrétisent également par l'invitation de chercheurs étrangers pour des séjours allant de quelques mois à un an (Kevin Bretonnel Cohen, U. Colorado; Efstathios Stamatatos, U. Aegean).

Le groupe a diversifié ses sources de financement, avec des projets académiques (ANR, ANSM, Google Award) et partenariaux (ANR, FUI, SATT, collaborations bilatérales), locaux (Labex et IDEX Paris-Saclay), nationaux et internationaux (CHIST-ERA, ANR-DFG, ITN H2020).

Thème : Extraction et reconnaissance d'informations précises

B. Grau, R. Beaumont, E. Boros, P. Bui-Quang, T.D. Cao, A. Ferré, M. Gleize, C. Grouin, T. Hamon, E. D'hondt, G. Illouz, T. Lavergne, AL. Ligozat, J. Moreno, V. Moriceau, F. Morlane-Hondère, A. Névéal, V.M. Pho, R. Rahman, S. Ribeiro, I. Robba, X. Tannier, S. Torres, J. Tourille, D. Valsamou, P. Zweigenbaum, avec la participation de L. Campillos-Llanos, P. Paroubek, A. Vilnat.

Devant la production massive de documents sous forme numérique, sur le Web ou dans des entreprises, il est essentiel de disposer d'outils d'analyse automatique afin de pouvoir extraire, représenter ou accéder aux informations qu'ils contiennent. Autrement dit, comment transformer une information exprimée en langage naturel, donc sous forme non structurée, en une connaissance structurée, manipulable par une machine, par quel modèle d'analyse ? Les finalités de ces analyses visent à 1) restituer cette information à un utilisateur en fonction d'un besoin qu'il exprime, par interrogation de texte ou de bases de connaissances structurées (les données liées du Web sémantique), 2) la stocker dans une base de connaissances ou 3) produire des annotations sémantiques de documents pour améliorer des processus de TAL.

L'extraction d'information porte sur la reconnaissance de différents types d'information. Nous nous intéressons plus particulièrement à :

- *La reconnaissance d'entités en domaine général et en domaine de spécialité*, notamment en domaine médical. La reconnaissance des entités dont parle un texte en constitue un premier niveau d'analyse sémantique et soulève différents problèmes : identifier leurs mentions en tenant compte des différentes formes possibles et lier ces mentions aux entités qu'elles désignent. La première tâche relève de la reconnaissance de termes ou d'entités nommées : nous avons montré l'impact de l'annotation de données supplémentaires lors de participation à des tâches d'évaluation (BioNLP 2016 : Grouin, 2016), ainsi que l'amélioration de leur reconnaissance par l'ajout d'informations sémantiques extraites du contexte textuel (Morlane-Hondère et al., TALN 2015).

- *La reconnaissance de relations sémantiques et d'événements*, afin de produire une information structurée, qui permet de synthétiser l'information sous forme de graphe et de produire des inférences. Les relations étudiées concernent des relations sémantiques entre entités, par exemple la relation « mariage », ou de propriétés sur les entités, par exemple « dosage de médicament », ou des relations temporelles entre événements. La détection de relations suppose souvent une reconnaissance préalable des entités. Nous avons montré l'importance de la résolution d'anaphores dans un cas où celles-ci étaient nombreuses (BB 2013 : Lavergne et al., 2015). Nous avons exploré différents types d'information sémantique pour caractériser une relation : par analyse distributionnelle (Périnet et Hamon, TAL 2015), par l'exploitation de graphes de communautés (Rahman et al. 2016, en collaboration avec le groupe TLP), par la prise en compte de connecteurs logiques et d'informations temporelles (Morlane-Hondère et al., TALN 2015). En ce qui concerne les relations temporelles, nous avons proposé des méthodes pour leur extraction en domaine médical (i2b2 2014 : Grouin et al., 2015; SemEval 2016 : Tourille et al., 2016, nommé dans la catégorie « Best of SemEval », en collaboration avec le CEA-LIST Paris-Saclay) ou pour les rendre adaptables à différents domaines (Tapi Nzali et al, EMNLP 2015).

Pour dépasser les contraintes d'annotation de l'apprentissage supervisé dans la reconnaissance d'événements, nous avons avancé sur le repérage de schémas descriptifs, sans connaissances a priori sur l'événement décrit, par des méthodes probabilistes (Nguyen et al, ACL, 2015, en collaboration avec le CEA-LIST). Nous avons aussi proposé une synthèse de textes par des chronologies après agrégation événementielle (en collaboration avec le groupe AMI : Tannier, IJCAI workshop on NLP and journalism, 2016).

L'analyse sémantique de texte vise à dépasser la représentation fondée uniquement sur ses mots pleins afin d'accéder aux informations précises qu'il contient ou d'interroger des bases de connaissances. Les thématiques étudiées sont les suivantes :

- *La détection d'opinion et de sentiment*, avec notamment des avancées sur la détection d'ironie dans des tweets (Karoui et al, ACL, 2015, en collaboration avec l'IRIT, U. P. Sabatier, Toulouse).

- *La similarité d'énoncés et la reconnaissance de l'implication textuelle* entre deux énoncés. Ce travail, détaillé dans le thème Multilinguisme et paraphrase, a obtenu des résultats à l'état de l'art sur différents corpus (sélection de réponses, paraphrases et implication textuelle) (Gleize et al., 2015) et a été évalué à QA4MRE@CLEF 2015.

- *La transformation d'énoncés en une représentation sémantique structurée* pour l'interrogation de bases de connaissances (Hamon et al, MEDINFO 2015) et (Beaumont et al. 2015).

- *L'interrogation hybride d'une base de textes* à la fois par des représentations ontologiques et par des représentations textuelles, travail qui démarre en collaboration avec le LRI (Paris-Saclay) et TU Dresde (Allemagne).

Nous avons également participé à la diffusion des travaux dans ces domaines par la coordination d'un numéro spécial de revue internationale (Drouin et al., Terminology 2015) et d'un atelier international (5^e workshop Computerm : Drouin et al., 2016), et national (COLTAL, TALN 2016). Nous avons enfin organisé cinq campagnes d'évaluation internationales en relation avec cette thématique, décrites dans le thème Corpus et évaluation.

Thème : Corpus et représentations

P. Paroubek, K.B. Cohen, E. D'hondt, C. Grouin, A. Braffort, M. Filhol, T. Hamon, A. Koroleva, A. Max, V. Moriceau, A. Névéal, Christopher Norman, X. Tannier, A. Vilnat, P. Zweigenbaum, avec la participation de E. Stamatatos.

Le thème Corpus et représentations concerne l'étude des événements linguistiques tels qu'ils se manifestent dans les représentations écrites et signées utilisées par les humains pour communiquer. Nos objets d'étude sont les corpus, c'est-à-dire des collections de documents, créés selon une hypothèse de travail, ayant des origines diverses : transcription de parole, livres, articles, journaux, rapports, pages web, blogs, microblogs, vidéos de langue des signes etc. Définir la représentation requise par un traitement automatique du langage (par exemple analyse syntaxique, reconnaissance d'entités nommées ou fouille d'opinion) est une étape fondamentale dans l'étude de la tâche et de ses fondements linguistiques. La création de corpus annotés selon cette représentation fournit un matériau indispensable pour le développement, l'apprentissage automatique ou l'évaluation de systèmes de traitement du langage. En particulier, elle permet de réaliser des campagnes d'évaluation, qui jouent désormais un rôle clé dans la définition de directions de recherche au niveau national et international.

► Schémas d'annotation.

Nos travaux sur la représentation des informations pour de l'annotation de corpus concernent des domaines très variés et s'attaquent aux nouveaux défis posés par les médias électroniques, comme par exemple la pharmacovigilance et les réseaux sociaux ou l'évaluation des publications scientifiques (nouveau projet européen MiRoR). En pharmacovigilance, nous avons proposé et comparé deux schémas d'annotation, l'un dit « linéaire » (annotant les portions porteuses de sens), l'autre dit « nucléaire » (consistant à annoter les têtes de syntagmes et à relier ces éléments au moyen de relations). L'usage de ces schémas d'annotation en extraction d'information a mis en évidence l'intérêt de travailler sur des modèles nucléaires, réduisant la distribution des annotations en corpus et augmentant les performances des systèmes (Morlane-Hondère et al., LREC 2016). En ce qui concerne la fouille d'opinion sur les microblogs, nous avons mis au point dans le projet uComp (CHIST-ERA) un schéma d'annotation sémantique multilingue déployé sur l'allemand et le français basé sur un modèle cognitif permettant de prendre en compte au niveau des constituants de la phrase aussi bien les opinions, les sentiments que les émotions (Paroubek et al, rapports du projet uComp).

► Correction.

Bien que la numérisation avec reconnaissance optique de caractères soit une technologie considérée comme mature, lorsque les modèles d'OCR ne sont pas appliqués du fait d'un domaine de spécialité (e.g., biomédical) ou lorsqu'ils n'ont pas été calibrés aux caractéristiques des corpus numérisés, elle produit encore des erreurs qu'il est difficile d'interpréter et de corriger. Le groupe ILES a notamment élaboré et testé plusieurs méthodes de correction automatique de ces erreurs sur des corpus de comptes rendus médicaux rédigés sur une période de 20 ans (D'hondt et al., LOUHI 2016).

► Redondance, plagiat.

À l'occasion de l'invitation au LIMSI d'Efsthatios Stamatatos, nous avons mis en place des méthodes de détection de redondance dans les corpus médicaux (D'hondt et al., LOUHI 2015; BioTxtM 2016). La détection automatique des documents dupliqués ou des zones de redondance a permis d'optimiser le travail réalisé dans une campagne d'annotation. La détection automatique des mises à jour successives des bilans de suivi médical a contribué à l'étude

de la structuration des documents dans le temps. Nous nous sommes par ailleurs intéressés à la détection de plagiat et à l'évolution du vocabulaire scientifique de la communauté du Traitement automatique des langues lors de la construction d'un corpus couvrant l'essentiel des publications du domaine sur 50 ans (Paroubek et al. LREC 2016).

► Campagnes d'évaluation.

Le groupe ILES a une activité soutenue et très visible de création de corpus annotés pour l'organisation de campagnes d'évaluation. Il a participé à l'organisation des campagnes d'évaluation internationales CLEF INEX 2014 (Bellot et al., Document Numérique 2015; IPM 2016), BUCC 2015 sur la comparabilité de textes (Sharoff et al., BUCC 2015), CLEF eHealth 2015 et 2016 sur l'extraction d'information multilingue en domaine de spécialité (Névéol et al., CLEF 2015, CLEF 2016, Lavergne et al., BIOTXTM 2016), WMT 2016 sur la traduction automatique en domaine de spécialité (Bojar et al., WMT 2016; Neves et al., LREC 2016), SemEval 2016 sur l'analyse de sentiment (Pontiki et al., SEMEVAL 2016) BioNLP ST SeeDev sur l'extraction d'information dans des articles de biologie (Chaix et al., BioNLP 2016), et de la campagne d'évaluation francophone DEFT 2015 sur l'analyse de sentiments dans des tweets (Hamon et al., DEFT 2015). Nous nous penchons dans ce contexte sur la notion de répliquabilité des travaux scientifiques en traitement automatique des langues (Névéol et al., LOUHI 2016).

Notre expertise dans ce domaine nous permet de collaborer avec de nombreux partenaires académiques et industriels dans le cadre de ces campagnes d'évaluation ainsi que dans le contexte des projets collaboratifs des pôles de compétitivité CAP-Digital et SYSTEM@TIC (FUI), de l'ANR, du FSN (AAP Big Data), de l'ERA-net européen CHIST-ERA etc. (voir la liste des projets du groupe).

Thème : Multilinguisme et paraphrase

T. Lavergne, M. Gleize, T. Hamon, A.-L. Ligozat, A. Max, A. Névéol, V.M. Pho, P. Zweigenbaum avec la participation de : D. Bouamor, L. Campillos-Llanos, B. Grau, C. Grouin, G. Illouz, B. Marie, V. Moriceau, W. Neifar, P. Paroubek, X. Tannier, A. Vilnat.

Ce thème de recherche se consacre à l'analyse de productions langagières de même sens mais de formes différentes, problématique au cœur de la sémantique. Cette question s'étend au multilinguisme, question récurrente lors du développement d'un système. Ce thème interagit de façon transverse avec chacun des trois autres thèmes du groupe ILES, ainsi qu'avec l'activité de traduction du groupe TLP.

Les travaux de ce thème concernent principalement les axes suivants :

- Calcul de paraphrases, en langue générale ou en domaine spécialisé;
- Traduction, alignement et transfert de systèmes d'une langue à une autre.

► Paraphrase

Similarité sémantique et implication textuelle.

Nous avons défini et combiné des mesures de similarité exploitant différents types de ressources sémantiques pour valider la pertinence de distracteurs dans des QCM (Thèse de Van Minh Pho, 2015) et (Pho et al., 2015), et avons proposé de nouvelles méthodes pour évaluer la proximité d'énoncés dans le cadre de la thèse de Martin Gleize (2016) : des noyaux de réécriture de phrases munis de types lexico-sémantiques (Gleize et al., 2015) et une distance d'édition d'arbre intégrant des connaissances sémantiques (Gleize et al. 2015). Nous avons également comparé plusieurs mesures de similarité pour sélectionner des réponses similaires dans le cadre d'une stratégie de dialogue non supervisée (Dubuisson Duplessis et al., 2016).

Complexité textuelle et simplification.

L'acquisition de paraphrases grand public de termes médicaux est un enjeu pour aider à la lisibilité des textes par le grand public. Nous avons fait annoter par trois personnes représentantes du grand public un lexique de termes médicaux selon leur difficulté de compréhension (Grabar et Hamon, LREC 2016). Pour les composés savants, l'un des types de termes relevés comme étant difficiles à comprendre, nous avons montré comment collecter des paraphrases par décomposition morphologique et recherche d'attestations (Grabar et Hamon, TAL 2016). En parallèle, nous avons mis au point une méthode pour évaluer automatiquement la technicité de termes médicaux sur la base de leurs caractéristiques morphologiques et distributionnelles (Bouamor et al., LREC 2016) pour utilisation dans un système de dialogue jouant le rôle d'un patient. Nous avons également mené des expériences pour déterminer les caractéristiques de la complexité textuelle, sur le plan lexical (Tack et al., 2016) et discursif (Todirascu et al., 2016).

► Multilinguisme

Traduction et alignement.

Nos travaux sur l'alignement (Xu et al., LILT 2015) ou la post-édition (Marie & Max, EMNLP 2015; Ive et al., LREC 2016) pour la traduction automatique (Marie & Max, ACL 2015) réalisés en collaboration avec le thème Traduction du groupe TLP sont décrits avec ledit thème.

Nous avons également créé des corpus et organisé des campagnes d'évaluation sur la traduction automatique (WMT 2016) et la comparabilité de textes (BUCC 2015) qui sont décrites dans le thème Corpus et représentations. Nous avons coordonné deux numéros spéciaux de revues internationales : celui de Natural Language Engineering (Rapp et al., 2016) fait un point sur les méthodes exploitant des corpus comparables pour aider la traduction automatique ; celui de la revue Terminology (Drouin et al., 2015) porte pour moitié sur la recherche de traductions de termes.

Adaptation de systèmes à une autre langue.

Lorsque l'on peut disposer de ressources dans deux langues, l'adaptation de systèmes de TAL existants à d'autres langues peut donner des résultats satisfaisants (Tourille et al., TALN 2016). Il faut le cas échéant prendre en compte les propriétés linguistiques spécifiques à chaque langue, comme par exemple l'agglutination pour l'adaptation de l'extracteur de termes YaTeA à l'arabe (Neifar et al., CICLING 2016).

Transfert d'information entre langues.

Lorsque les ressources sont déséquilibrées, on peut chercher à transférer des ressources et outils d'une langue à l'autre. Nous avons ainsi proposé une méthode d'extraction de termes en ukrainien et de production d'une terminologie trilingue par alignement et transfert à partir de deux langues différentes mieux dotées, l'anglais et le français (Hamon et Grabar, CICLING 2016). De même, la méthode d'évaluation de technicité de termes décrite plus haut (Bouamor et al., LREC 2016) repose sur des caractéristiques calculables dans différentes langues. Cela lui permet d'être entraînée sur des données uniquement disponibles en anglais et de s'appliquer ensuite sur des données en français.

Le groupe a par ailleurs créé et animé un groupe de travail du Labex DigiCosme sur le thème des représentations sémantiques multilingues, qui a invité six spécialistes de ce champ à donner un séminaire.

Thème : Modélisation et Traitement Automatique des Langues des Signes

A. Braffort (resp), M. Filhol, M. Benchiheub, M. Hadjadj, avec la participation de L. Bolot (P2I) et C. Verrecchia (P2I).

Les Langues des Signes (LS) sont des langues naturelles pratiquées au sein des communautés de Sourds et la Langue des Signes Française (LSF) est celle utilisée en France. Ce sont des langues visuo-gestuelles : une personne s'exprime en LS en utilisant de nombreuses composantes corporelles (mains, bras, visage, regard, buste, etc.) et son interlocuteur perçoit le message par le canal visuel. Le système linguistique des LS exploite ces canaux spécifiques : de nombreuses informations sont exprimées simultanément et s'organisent dans l'espace, et l'iconicité y joue un rôle central.

À ce jour, les LS n'ont pas de système d'écriture ni de système graphique standard pour la transcription. Elles sont encore peu décrites. La modélisation informatique des LS nécessite de concevoir des représentations dans un domaine où peu de données sont disponibles et où les modèles pré-existants, essentiellement linéaires, ont été développés pour les langues écrites ou parlées et ne couvrent pas tous les aspects des LS.

À travers de nombreuses collaborations pluridisciplinaires en STIC, sciences du langage, du mouvement et de la perception, nous produisons des ressources linguistiques et nous abordons des problématiques d'analyse, de représentation et de traitement de la LSF. Durant les années 2015 et 2016, en plus de la parution d'un ouvrage collectif (Braffort, ISTE 2016), l'équipe a réalisé les études suivantes :

- Analyse du mouvement : Thèse de Mohamed Benchiheub, sous la direction de A. Braffort, co-encadrée par B. Berret (CIAMS, Université Paris-Sud), rattachée à l'ED Sciences du Sport, de la Motricité et du Mouvement Humain. Réalisation d'un corpus de LSF en capture de mouvement (MOCAP1) et étude sur les lois du contrôle moteur en LSF (Benchiheub, Berret & Braffort, LREC-WRPSL 2016; Braffort, Benchiheub & Berret, ACM ASSETS 2015).
- Modélisation linguistique et grammaires formelles : Thèse de Mohammed Hadjadj, sous la direction de A. Braffort, co-encadrée par M. Filhol, rattachée à l'ED STIC de l'Université Paris-Saclay. Proposition d'un ensemble de règles de production (Filhol, Hadjadj & Testu, UAIS 2016; Filhol & Hadjadj, LREC-WRPSL 2016; Hadjadj & Filhol, TALN 2016)- Rédaction d'un chapitre sur le TALS dans l'ouvrage collectif (Filhol & Braffort, ISTE 2016).

- Méthodologie d'annotation : Études sur l'annotation du regard et l'analyse des structures illustratives (Braffort, TISLR 2016)
- Analyse par traitement d'images : Exploration de méthodes d'analyse automatique de mouvements dans des vidéos. A. Braffort et M. Gouiffès (groupe AMI). Application à l'aide à l'annotation (Martinez, Manzanera, Gouiffès & Braffort, ISCV 2015; Benseghir, Martinez, Gouiffès & Braffort, Fedev 2016).
- Perception : Exploration de la compréhension par les individus sourds des mouvements en LS produits par un signeur virtuel. A. Braffort, E. Prigent (groupe CPU) et B. Berret (CIAMS) (Prigent, Benchiheub, Braffort & Berret, Fedev 2016).
- Production de ressources linguistiques : Constitution d'un signaire LSF 3D (signes lexicaux de la LSF sous forme d'animations de signeur virtuel). A. Braffort et C. Verrecchia, en collaboration avec Visuel-LSF.
- Synthèse : Génération d'animations 3D à partir des représentations linguistiques développées dans l'équipe, en interne (Braffort, Filhol, Delorme, Bolot, Choisier & Verrecchia, UAIS 2016) et en collaboration, M. Filhol avec DePaul University à Chicago (États-Unis) et Université de Valenciennes et DFKI (Allemagne)
- Traduction automatique et assistée texte → LSF : Étude de la déverbalisation (étape clé de la traduction) pour un outillage logiciel des traducteurs. M. Filhol, en collaboration avec Interpretis (Toulouse) et Université de Genève (Suisse).

Équipe ILES

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
Braffort	Annelies	DR2	oui	CNRS	01/03/1992	
Choisier	Annick	IE2		CNRS	01/07/1987	01/08/2015
Filhol	Michael	CR1		CNRS	01/10/2010	
Grau	Brigitte	Pr1	oui	ENSIIE	01/06/1985	
Grouin	Cyril	IE1C		CNRS	01/10/2006	
Hamon	Thierry	MC		U-Paris 13	01/11/2013	
Illouz	Gabriel	MC		U-Paris-Sud	14/10/1996	
Lavergne	Thomas	MC		U-Paris-Sud	01/09/2012	
Ligozat	Anne-Laure	MC	oui	ENSIIE	01/09/2009	
Max	Aurélien	MC		U-Paris-Sud	01/09/2004	
Moriceau	Véronique	MC		U-Paris-Sud	01/09/2008	
Névéol	Aurélie	CR1		CNRS	01/10/2012	
Paroubek	Patrick	IRHC	oui	CNRS	01/07/1997	
Robba	Isabelle	MCHC		Versailles	01/10/1987	
Tannier	Xavier	MC	oui	U-Paris-Sud	01/09/2007	
Vilnat	Anne	Pr1	oui	U-Paris-Sud	01/06/1985	
Zweigenbaum	Pierre	DR1	oui	CNRS	01/11/2006	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Asadullah	Munshi	Doctorant	01/10/2012	31/08/2016
Beaumont	Romain	Doctorant	01/10/2014	
Benchiheub	Mohamed-el-Fatah	Doctorant	13/11/2013	
Boros	Emanuela	Doctorant	04/02/2013	
Bouamor	Dhouha	CDD	01/12/2014	30/11/2015
Bui-Quang	Paul	CDD	01/07/2015	30/06/2016
Campillos	Leonardo	CDD	01/05/2015	28/02/2018
Cao	Tien Duc	Doctorant	01/10/2016	
Delaborde	Marine	CDD	01/05/2014	31/10/2016
D'hondt	Éva	CDD	01/07/2014	31/03/2017
Ferré	Arnaud	Doctorant	01/10/2015	
Fraisse	Amel	CDD	01/08/2014	31/08/2015
Gahbiche-Braham	Souhir	Ingénieur	10/12/2016	28/02/2017
Gianola	Lucie	CDD	01/11/2015	30/06/2016
Gleize	Martin	Doctorant	01/10/2012	07/01/2016
Hadjadj	Mohamed	Doctorant	01/11/2013	
Koroleva	Anna	Doctorant	01/11/2016	
Marchand	Morgane	Doctorant	05/12/2011	04/03/2015
Marie	Benjamin	Doctorant	02/04/2013	30/04/2016
Moreno	José	CDD	01/10/2015	31/08/2016
Morlane-Hondère	François	CDD	01/11/2014	31/05/2016
Neifar	Wafa	Doctorant	01/09/2015	
Neuraz	Antoine	Doctorant	01/11/2016	
Nguyen	Kiem-Hieu	CDD	01/01/2014	30/06/2015
Norman	Christopher	Doctorant	01/10/2016	
Pho	Van-Minh	Doctorant	01/10/2012	31/08/2016
Rahman	Rashedur	Doctorant	01/02/2015	
Ramachandra Rao	Sanjay Kamath	Doctorant	01/10/2016	
Ribeiro	Swen	Doctorant	01/03/2016	
Torres	Sergio	Doctorant	01/10/2015	
Tourille	Julien	Doctorant	01/10/2015	
Valsamou	Dialekti	Doctorant	25/10/2012	17/01/2017
Zhai	Yuming	Doctorant	01/10/2016	
Zhang	Zheng	Doctorant	01/10/2016	

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Angerville	Andy	01/03/2015	31/07/2015
Bailly	Benjamin	15/05/2016	31/07/2016
Bellard	Gabriel	01/05/2016	31/07/2016
Chaleunphonh	Élodie	19/01/2015	18/02/2015
Charras	Franck	20/04/2016	30/09/2016
Collomb	Aurélie	20/06/2016	09/09/2016
Fekih	Mariem	01/04/2015	18/09/2015
Forti	Filippo	12/05/2015	07/08/2015
Huang	Heqing	22/06/2015	11/09/2015
Kerboeuf	Jean-Baptiste	01/06/2016	15/08/2016
Kuznietsova	Anastasiia	01/09/2015	19/02/2016
Lévêque	Adrien	15/05/2016	31/07/2016
Nogueira	Stéphanie	20/06/2016	19/08/2016
Panou	David	22/07/2015	11/09/2015
Pierot	Émilie	08/06/2015	04/09/2015
Rabary	Christelle	01/03/2015	31/08/2015
Wu	Yunhe	15/05/2015	31/10/2015

Contrats de recherche et valorisation

ILES : Contrats institutionnels sur financement public								
Acronyme	Financier/Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €	
ANR	ACCORDYS	ANR	CONTINT	N	Zweigenbaum Pierre	01/09/2012	28/02/2017	206 072
	ASRAEL	ANR	PRCE	O	Tannier Xavier	01/10/2015	31/03/2020	145 307
	CABERNET	ANR	JCJC	O	Névéol Aurélie	01/09/2013	31/08/2018	225 853
	CONTENTCHECK	ANR	PRCE	N	Tannier Xavier	01/10/2015	30/09/2020	103 501
	GOASQ	ANR	PRCI	N	Grau Brigitte	01/12/2015	30/11/2019	84 469
	RESTAURE	ANR	Blanc	N	Ligozat Anne-Laure	01/10/2014	31/03/2019	81 375
	ALECTOR	ANR	PRC	N	Ligozat Anne-Laure	01/10/2016	31/03/2021	69 817
	MIAM	ANR	PRCE	O	Hamon Thierry	01/10/2016	30/09/2020	135 954
Collaborations de recherche	ANETH	Digitéo		O	Ligozat Anne-Laure	01/10/2012	30/09/2015	102 200
	ASTRE	Digitéo		O	Tannier Xavier	01/01/2014	30/06/2015	76 200
		Ministère de la Culture (DGLFLF)		O	Filhol Michael	1/1/2016	30/06/2017	6 000
	Colloque CORIA	IDEX	Labex Digicosme	N	Grau Brigitte	11/14/2014	31/12/2015	1 000
	GT «Représentation des connaissances multilingues»	IDEX	Labex Digicosme	N	Zweigenbaum Pierre	3/27/2015	31/12/2015	3 200
	GT SDT	IDEX	Labex Digicosme	N	Grouin Cyril	9/1/2016	31/12/2017	2 000
	Séjour K. Cohen	IDEX	Labex Digicosme	N	Zweigenbaum Pierre	2/1/2016	31/07/2016	9 300
	COT	IDEX	Labex Digicosme	N	Tannier Xavier	10/1/2015	30/09/2018	109 000
	Patient Genesys	BPIfrance	FUI	N	Zweigenbaum Pierre	10/22/2013	21/02/2016	124 900
	PULSAR	BPIfrance	FUI	N	Grau Brigitte	9/26/2014	24/03/2018	200 000
	REQUEST	BPIfrance	Investissement d'avenir	N	Paroubek Patrick	2/1/2014	31/01/2018	265 492
	VIGI4MED	CHU/ANSM		N	Zweigenbaum Pierre	12/31/2013	31/12/2017	109 140
	SONAR	BPIfrance	FUI	N	Paroubek Patrick	3/18/2013	31/12/2016	212 600
	Chaire K. Cohen	IDEX	D'Alembert	O	Zweigenbaum Pierre	11/1/2016	31/05/2018	83 741
	EcoRev	CNRS	Défi Mastodons	O	Max Aurélien	1/1/2016	31/12/2016	10 000
	IMM	IRT SystemX		O	Grau Brigitte et Rosset Sophie	04/11/2013	31/01/2018	60 000
	ProjEstimate	Région Ile de France	Pôle de compétitivité	N	Paroubek Patrick	03/09/2012	02/09/2015	303 010
PVDIAL	SATT	Maturation	O	Zweigenbaum Pierre et Rosset Sophie	9/26/2016	25/05/2018	28 000	

Contrats avc l'UE	uComp	CEE via ANR	CHIST-ERA	N	Paroubek Patrick	15/11/2012	14/11/2015	183 997
	MIRROR	CEE	Marie Curie - ITN	N	Yvon François et Zweigenbaum Pierre	01/03/2016	29/02/2020	525 751
Ressources Licences	Q4RME	NII	CLEF	O	Grau Brigitte	15/04/2015	31/12/2015	0
		NIST	TREC	O	Zweigenbaum Pierre	01/01/2015	31/12/2015	0
		INSERM-CépiDc	CLEF	O	Grau Brigitte	26/06/2015	21/06/2019	0
	Q4RME	NII	CLEF	O	Grau Brigitte	25/02/2015	31/03/2016	0
	Logiciel Syntex	Université de Toulouse Le Mirail		O	Vilnat Anne	10/12/2007	10/12/2099	0

ILES : Contrats industriels, contrats sur financement privé...

	Acronyme	Financier/Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI
Collaboration de recherche		Trisomie 21 France		N	Max Aurélien	01/01/2014	31/12/2015	18 780
Encadrement de thèse		Lingua & Machina	CIFRE	O	Max Aurélien	01/04/2013	31/03/2016	15 000

ILES : Brevets, Dépôts APP, licences...

Valorisation	Dépôts APP		Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire
	logiciel MEDINA anonymisation des données personnelles contenues dans des comptes rendus cliniques		Grouin Cyril	Zweigenbaum Pierre	Nov-12	
	Licences		Resp. pour le LIMSI	Licencié	Date	Commentaire
	licence du logiciel OCTOPUS (logiciel permettant de générer des énoncés en langue des signes française (LSF), par concaténation d'animations prédéfinies d'un signeur virtuel (personnage virtuel qui s'exprime en langue des signes)- durée 6 mois		Bolot Laurence	Websourd	Jun-08	
	licence du logiciel OCTOPUS- durée 10 ans		Bolot Laurence	Websourd	Dec-09	
	logiciel MEDINA		Grouin Cyril	Université de Bordeaux	Oct-15	
	logiciel MEDINA		Grouin Cyril	CHU Bar-le-Duc	Apr-14	
	logiciel MEDINA		Grouin Cyril	Dr Arnaud Rozier	Apr-15	
	logiciel MEDINA		Grouin Cyril	Université de Lille 3	Jun-12	
	logiciel MEDINA		Grouin Cyril	HEGP	Jan-13	
logiciel MEDINA		Grouin Cyril	INSERM	2013		

Production scientifique ILES 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Asadullah, M., *Identification of Function Points in Software Specifications Using Natural Language Processing* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 2015-09-28, 220 p.
2. Gleize, M., *Textual Inference for Machine Comprehension* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 07/01/2016, 200 p.
3. Ligozat, A.-L., *Compréhension ciblée de texte par reconnaissance de relations*, 2016, HdR Université Paris-Sud, soutenue à Orsay, le 09/12/2016. 90 p.
4. Marchand, M., *Domaines et fouille d'opinion : Une étude des marqueurs multi-polaires au niveau du texte* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, France, le 4 mars 2015, 163 p.
5. Marie, B., *Exploitation d'informations riches pour guider la traduction automatique statistique* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 25 mars 2016, 174 p.
6. Pho, V.-M., *Génération automatique de questionnaires à choix multiples pédagogiques : évaluation de l'homogénéité des options* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 24 sept. 2015, 125 p.

► Revues à comité de lecture

1. Abbé, A., C. Grouin, P. Zweigenbaum, and B. Falissard, *Text mining applications in Psychiatry: a systematic literature review*. International Journal of Methods in Psychiatric Research, 2015. pp.14.
2. Atal, I., J. Zeitoun, A. Névéol, P. Ravaud, R. Porcher, and L. Trinquart, *Automatic classification of registered clinical trials towards the Global Burden of Diseases taxonomy of diseases and injuries*. BMC Bioinformatics, 2016. **17** (1): pp.1-14.
3. Bellot, P., V. Moriceau, J. Mothe, E. SanJuan, and X. Tannier, *Mesures d'informativité et de lisibilité pour un cadre d'évaluation de la contextualisation de tweets*. Document Numérique, 2015. **18** (1): pp.55-73.
4. Bellot, P., V. Moriceau, J. Mothe, E. SanJuan, and X. Tannier, *INEX Tweet Contextualization Task: Evaluation, Results and Lessons Learned*. Information Processing & Management, 2016. **52** (5): pp.801-819.
5. Ben Abacha, A., F. Chowdhury, A. Karanasiou, R. Messai, A. Lavelli, and P. Zweigenbaum, *Text Mining for Pharmacovigilance: Using Machine Learning for Drug Name Recognition and Drug-Drug Interaction Extraction and Classification*. Journal of Biomedical Informatics, 2015. **58**: pp.122-132.
6. Ben Abacha, A. and P. Zweigenbaum, *MEANS: A medical question-answering system combining NLP techniques and semantic Web technologies*. Information Processing & Management, 2015. **51** (5): pp.570-594.
7. Braffort, A., M. Filhol, M. Delorme, L. Bolot, A. Choisier, and C. Verrecchia, *KAZOO: A Sign Language Generation Platform Based on Production Rules*. Universal Access in the Information Society (UAIS), 2016. **15** (4): pp.541-550.
8. Drouin, P., N. Grabar, T. Hamon, and K. Kageura, *Introduction to the Special Issue: Terminology across languages and domains*. Terminology, 2015. **21** (2): pp.139-150.
9. Filhol, M., M. Hadjadj, and B. Testu, *A rule triggering system for automatic text-to-sign translation*. Universal Access in the Information Society (UAIS), 2016. **15** (4): pp.487-498.
10. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek, *NLP4NLP : the cobbler's children won't go unshod*. D-Lib Magazine, 2015. **12** (11/12): pp.10.
11. Grabar, N. and T. Hamon, *Exploitation de la morphologie pour l'extraction automatique de paraphrases grand public des termes médicaux*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2016. **57** (1): pp.85-109.
12. Grau, B., A.-L. Ligozat, and M. Gleize, *Recherche d'information précise dans des sources d'information structurées et non structurées : défis, approches et hybridation*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2015. pp.25p.
13. Grouin, C., V. Moriceau, and P. Zweigenbaum, *Combining glass box and black box evaluations in the identification of heart disease risk factors and their temporal relations from clinical records*. Journal of Biomedical Informatics, 2015. **58 Supplement**: pp.S133-S142.
14. Lavergne, T., C. Grouin, and P. Zweigenbaum, *The contribution of co-reference resolution to supervised relation detection between bacteria and biotopes entities*. BMC Bioinformatics, 2015. **16** (Suppl 10): pp.S6(1-17).
15. Mariani, J.-J., P. Paroubek, G. Francopoulo, and O. Hamon, *Rediscovering 15+2 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation*. Language Resources and Evaluation, 2016. **50** (2): pp.165-220.
16. Névéol, A. and P. Zweigenbaum, *Clinical Natural Language Processing in 2014: Foundational Methods Supporting Efficient Healthcare*. IMIA Yearbook of Medical Informatics, 2015. **10**: pp.194-198.

17. Névéol, A. and P. Zweigenbaum, *Clinical Natural Language Processing in 2015: Leveraging the Variety of Texts of Clinical Interest*. IMIA Yearbook of Medical Informatics, 2016. **10** (1): pp.234-239.
18. Périnet, A. and T. Hamon, *Analyse distributionnelle appliquée aux textes de spécialité: Réduction de la dispersion des données par abstraction des contextes*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2015. **56** (2): pp.26.
19. Rapp, R., S. Sharoff, and P. Zweigenbaum, *Recent advances in machine translation using comparable corpora*. Natural Language Engineering, 2016. **22** (4): pp.501-516.
20. Rosier, A., P. Mabo, L. Temal, P. Van Hille, O. Dameron, L. Deléger, C. Grouin, P. Zweigenbaum, J. Jacques, L. Laporte, E. Chazard, C. Henry, and A. Burgun, *Personalized and Automated Remote Monitoring of Atrial Fibrillation*. Europace, 2015. pp.6.
21. Sadoun, D., C. Dubois, Y. Ghamri-Doudane, and B. Grau, *Représentation et vérification d'un environnement intelligent à partir de spécifications utilisateur en langage naturel*. Revue d'Intelligence Artificielle (RIA), 2015. **29** (1): pp.47-81.
22. Xu, Y., A. Max, and F. Yvon, *Sentence Alignment for Literary Texts*. LILT (Linguistic Issues in Language Technology), 2015. **12** (6): pp.1-25.

► Direction et chapitres d'ouvrage

1. Braffort, A., *La Langue des Signes Française (LSF) : modélisations, ressources et applications* 2016: ISTE Editions. 224p.
2. Danlos, L. and T. Hamon, *Actes de la conférence TALN 2016*. Vol. 2. 2016: ATALA. 580p.
3. Drouin, P., N. Grabar, T. Hamon, and K. Kageura, *Special Issue Terminology across languages and domains*. Vol. 21:2. 2015: Terminology, John Benjamins. 153p.
4. Drouin, P., N. Grabar, T. Hamon, K. Kageura, and K. Takeuchi, *Proceedings of the 5th International Workshop on Computational Terminology (Computerm2016)* 2016: The COLING 2016 Organizing Committee. 141p.
5. Engström, C., T. Hamon, and S. Silvestrov, *Genetic algorithm-based tuning of the c-value for term ranking*, in *New Trends in Stochastic Modeling and Data Analysis*, H. Skiadas Raimondo Manca-Sally McClean-Christos, Editor. 2015, International Society for the Advancement of Science and Technology. pp. 257-268.
6. Filhol, M. and A. Braffort, *Chapitre 3 : Modélisation linguistique*, in *La Langue des Signes Française (LSF) : modélisations, ressources et applications*, Braffort Annelies, Editor. 2016, ISTE éditions. pp. 34.
7. Grouin, C., T. Hamon, A. Névéol, and P. Zweigenbaum, *Sixth International Workshop on Health Text Mining and Information analysis (LOUHI)* 2015. 169p.
8. Grouin, C., T. Hamon, A. Névéol, and P. Zweigenbaum, *Proceedings of the Seventh International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis (LOUHI)* 2016. 123p.
9. Nedellec, C., J.-D. Kim, S. Pyysalo, S. Ananiadou, and P. Zweigenbaum, *BioNLP Shared Task 2013: Part 1*. Vol. 16. 2015: BioMed Central. 114p.
10. Nedellec, C., J.-D. Kim, S. Pyysalo, S. Ananiadou, and P. Zweigenbaum, *BioNLP Shared Task 2013: Part 2*. Vol. 16. 2015: BioMed Central. 63p.
11. Rapp, R., S. Sharoff, and P. Zweigenbaum, *Machine Translation using Comparable Corpora*. Vol. 22. 2016: Cambridge University Press. 156p.
12. Rapp, R., P. Zweigenbaum, and S. Sharoff, *Ninth Workshop on Building and Using Comparable Corpora* 2016: ELDA. 53p.
13. Zweigenbaum, P., S. Sharoff, and R. Rapp, *Proceedings of the Eighth Workshop on Building and Using Comparable Corpora* 2015: The Association for Computational Linguistics. 103p.

► Conférences à comité de lecture

1. Allauzen, A., L. Aufrant, F. Burlot, E. Knyazeva, O. Lacroix, T. Lavergne, G. Wisniewski, and F. Yvon. *LIMS@WMT'16: Machine Translation of News*. in *First Conference on Machine Translation (WMT16)*. 2016: QT21. 239-245.
2. Apidianaki, M. and B. Marie. *METEOR-WSD: Improved Sense Matching in MT Evaluation*. in *Syntax, Semantics and Structure in Statistical Translation*. 2015. Denver, Colorado, USA: ACL. 49-51.
3. Apidianaki, M., X. Tannier, and C. Richart. *Datasets for Aspect-Based Sentiment Analysis in French*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 5p.
4. Arnulphy, B., V. Claveau, X. Tannier, and A. Vilnat. *Supervised Machine Learning Techniques to Detect TimeML Events in French and English*. in *International Conference on Application of Natural Language to Information Systems*. 2015. Passau, Germany. 14p.

5. Beaumont, R., B. Grau, and A.-L. Ligozat. *Représentation sémantique de questions pour interroger le Web sémantique*. in *Conférence en Recherche d'Information et Applications*. 2015. Paris, France. 453-468.
6. Beaumont, R., B. Grau, and A.-L. Ligozat. *SemGraphQA@QALD-5: LIMSI participation at QALD-5@CLEF*. in *Conference and Labs of the Evaluation Forum*. 2015. Toulouse, France. 10p.
7. Benchiheb, M.-e.-F., B. Berret, and A. Braffort. *Collecting and Analysing a Motion-Capture Corpus of French Sign Language*. in *Workshop on the Representation and Processing of Sign Languages*. 2016. Portoroz, Slovenia. 7-12.
8. Bonaque, R., T.D. Cao, B. Cautis, F. Goasdoué, J. Letelier, I. Manolescu, O. Mendoza, S. Ribeiro, X. Tannier, and M. Thomazo. *Mixed-instance querying: a lightweight integration architecture for data journalism*. in *Conference on Very Large Databases (Demonstrations Track)*. 2016. New Delhi, India. 4.
9. Bouamor, D., L. Campillos, A.-L. Ligozat, S. Rosset, and P. Zweigenbaum. *Transfer-based learning-to-rank assessment of medical term technicality*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: ELRA. 4p.
10. Braffort, A., M.-e.-F. Benchiheb, and B. Berret. *APLUS: a 3D Corpus of French Sign Language*. in *International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. 2015. Lisbon, Portugal: ACM. 381-382.
11. Burlot, F., E. Knyazeva, T. Lavergne, and F. Yvon. *Two-Step MT: Predicting Target Morphology*. in *International Workshop on Spoken Language Translation*. 2016. Seattle, USA. 8p.
12. Burlot, F., M. Labeau, E. Knyazeva, T. Lavergne, A. Allauzen, and F. Yvon. *LIMSI@IWSLT'16: MT Track*. in *International Workshop on Spoken Language Translation*. 2016. Seattle, USA. 7p.
13. Campillos, L., D. Bouamor, E. Bilinski, A.-L. Ligozat, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Description of the PatientGenesys Dialogue System*. in *Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue*. 2015. Prague, Czech Republic. 3p.
14. Campillos, L., D. Bouamor, A.-L. Ligozat, E. Bilinski, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Un système de dialogue pour dynamiser un patient virtuel*. in *Colloque sur la gamification et les jeux sérieux en santé*. 2015. Nice, France. 5p.
15. Campillos, L., D. Bouamor, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Managing Linguistic and Terminological Variation in a Medical Dialogue System*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 3167-3173.
16. Chaix, E., B. Dubreucq, A. Fatihi, D. Valsamou, R. Bossy, M. Ba, L. Deléger, P. Zweigenbaum, P. Bessières, L. Lepiniec, and C. Nédellec. *Overview of the regulatory network of plant seed development (SeeDev) task at the BioNLP Shared Task 2016*. in *BioNLP Shared-Task Workshop*. 2016. Berlin, Germany. 1-11.
17. Charras, F., G. Dubuisson Duplessis, V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Un système automatique de sélection de réponse en domaine ouvert intégrable à un système de dialogue social*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 3p.
18. Charras, F., G. Dubuisson Duplessis, V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Comparing System-response Retrieval Models for Open-domain and Casual Conversational Agent*. in *Second Workshop on Chatbots and Conversational Agent Technologies*. 2016. Los Angeles, USA. 12p.
19. Claveau, V., T. Hamon, S. Le Maguer, and N. Grabar. *Health consumer-oriented information retrieval*. in *International Congress of the European Federation for Medical Informatics*. 2015. Madrid, Spain. 80-84.
20. Deléger, L., C. Grouin, and R. Bossy. *Hybrid approaches for the DNER task at BioCreative V: the INRA/LIMSI system*. in *BioCreative 5 Challenge Workshop*. 2015: -. 167-172.
21. Deveaud, R., V. Moriceau, J. Mothe, and E. San Juan. *Informativeness for Adhoc IR evaluation: a measure that prevents assessing individual documents*. in *European Conference on Information Retrieval*. 2016. Padova, Italy. 818-823.
22. D'Hondt, E., B. Grau, and P. Zweigenbaum. *LIMSI @ 2015 Clinical Decision Support Track*. in *Text Retrieval Conference*. 2015. National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg, United States. 11p.
23. D'Hondt, E., C. Grouin, and B. Grau. *Low-resource OCR error detection and correction in French Clinical Texts*. in *International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*. 2016. Austin, TX. 8.
24. D'Hondt, E., C. Grouin, A. Névéol, E. Stamatatos, and P. Zweigenbaum. *Detection of Text Reuse in French Medical Corpora*. in *Workshop on Building and Evaluating Resources for Biomedical Text Mining*. 2016: ACL. 7p.
25. D'Hondt, E., F. Morlane-Hondère, L. Campillos, D. Bouamor, S. Ribeiro, and T. Lavergne. *LIMSI @ CLEF eHealth 2015 - task 1b*. in *Conference and Labs of the Evaluation Forum*. 2015. Toulouse, France. 11p.
26. D'Hondt, E., X. Tannier, and A. Névéol. *Redundancy in French Electronic Health Records: A preliminary study*. in *International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*. 2015. Lisbon, Portugal. 8p.

27. Dubuisson Duplessis, G., L. Béchade, M.E.A. Sehili, A. Delaborde, V. Letard, A.-L. Ligozat, P. Deléglise, Y. Estève, S. Rosset, and L. Devillers. *Nao is doing humour in the CHIST-ERA JOKER project*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresde, Allemagne. 1072-1073.
28. Dubuisson Duplessis, G., V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Purely Corpus-based Automatic Conversation Authoring*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 8p.
29. Ehrmann, M., D. Nouvel, and S. Rosset. *Named Entity Resources - Overview and Outlook*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 8p.
30. Filhol, M. and M.N. Hadjadj. *Juxtaposition as a form feature; syntax captured and explained rather than assumed and modelled*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz: Eleni Efthimiou, Stavroula-Evita Fotinea, Thomas Hanke, Julie Hochgesang, Jette Kristoffersen, Johanna Mesch. 6.
31. Fraisse, A. and P. Paroubek. *Vers des pratiques collaboratives pour les systèmes d'organisation de connaissances*. in *Actes du 10ème Colloque International ISKO-France*. 2015. Strasbourg. 16p.
32. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *NLP4NLP: the cobbler's children won't go unshod*. in *International Workshop on Mining Production scientifique*. 2015. Knoxville, USA. 6p.
33. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *NLP4NLP: Applying NLP to Scientific Corpora about Written and Spoken Language Processing*. in *International Society of Scientometrics and Bibliometrics Conference*. 2015. Istanbul. 7p.
34. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *A Study of Reuse and Plagiarism in LREC papers*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 1890-1897.
35. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Predictive modeling: guessing the NLP terms of tomorrow*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 336-343.
36. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Text Mining for Notability Computation*. in *Cross-Platform Text Mining and Natural Language Processing Interoperability Workshop*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 52-56.
37. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Linking Language Resources and NLP Papers*. in *Workshop on Research Results Reproducibility and Resources Citation in Science and Technology of Language*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 24-32.
38. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, P. Paroubek, and F. Vernier. *Providing and Analyzing NLP Terms for our Community*. in *International Workshop on Computational Terminology*. 2016. Osaka, Japon. 94-103.
39. Gleize, M. and B. Grau. *A Unified Kernel Approach For Learning Typed Sentence Rewritings*. in *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2015. Beijing, China: The Association for Computer Linguistics. 939-949.
40. Gleize, M. and B. Grau. *Noyaux de réécriture de phrases munis de types lexico-sémantiques*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 12p.
41. Goeuriot, L., L. Kelly, H. Suominen, L. Hanlen, A. Névéol, C. Grouin, J. Palotti, and G. Zuccon. *Overview of the CLEF eHealth Evaluation Lab 2015*. in *CLEF eHealth Evaluation Lab*. 2015: LIMSI-CNRS. 15.
42. Grabar, N. and T. Hamon. *Extraction automatique de paraphrases grand public pour les termes médicaux*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 182-193.
43. Grabar, N. and T. Hamon. *Acquisition non supervisée de ressources morphologiques en ukrainien*. in *atelier Traitement Automatique des Langues Slaves*. 2015. Caen, France. 1-10.
44. Grabar, N. and T. Hamon. *A large rated lexicon with french medical words*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 2643-2648.
45. Grabar, N. and T. Hamon. *Exploitation de différentes approches pour détecter et catégoriser le risque chimique et bactériologique*. in *Actes de Risque et TAL*. 2016. Paris, France. 1-11.
46. Grabar, N., N. Shyshkina, H. Zorko, and T. Hamon. *Terminological Research in Ukraine*. in *International Conference on Terminology and Artificial Intelligence*. 2015. Granada, Spain: Pamela Faber and Thierry Poibeau. 193-195.
47. Grouin, C. *Text segmentation of digitized clinical texts*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 3592-3599.
48. Grouin, C. *Controlled propagation of concept annotations in textual corpora*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 4075-4079.

49. Grouin, C. *Identification of mentions and relations between bacteria and biotope from PubMed abstracts*. in *BioNLP Shared-Task Workshop*. 2016. Berlin, Germany: ACL. 9p.
50. Grouin, C., N. Griffon, and A. Névéol. *Etude des risques de réidentification des patients à partir d'un corpus désidentifié de comptes-rendus cliniques en français*. in *Ethique et TRaitement Automatique des Langues*. 2015. Caen, France. 12p.
51. Grouin, C., N. Griffon, and A. Névéol. *Is it possible to recover personal health information from an automatically de-identified corpus of French EHRs?* in *Sixth International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*. 2015: @EMNLP. 31-39.
52. Grouin, C. and V. Moriceau. *LIMSI at SemEval-2016 Task 12: machine-learning and temporal information to identify clinical events and time expressions*. in *International Workshop on Semantic Evaluation*. 2016. San Diego, CA. 6p.
53. Grouin, C., V. Moriceau, S. Rosset, and P. Zweigenbaum. *Identification de facteurs de risque pour des patients diabétiques à partir de comptes-rendus cliniques par des approches hybrides*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 12p.
54. Hadjadj, M. and M. Filhol. *Description de la juxtaposition en langue des signes française à partir d'une grammaire récursive*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris. 8p.
55. Hamon, T. *Interface Web pour l'annotation morpho-syntaxique de textes*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 26-27.
56. Hamon, T. *Indexation automatique de notices bibliographiques à l'aide d'approches d'acquisition terminologique*. in *Atelier DEfi Fouilles de Textes (DEFT)*. 2016. Paris, France. 20-26.
57. Hamon, T., A. Fraisse, P. Paroubek, P. Zweigenbaum, and C. Grouin. *Analyse des émotions, sentiments et opinions exprimés dans les tweets Présentation et résultats de l'édition 2015 du défi fouille de texte (DEFT)*. in *DEFT*. 2015: LIMSI-CNRS. 12p.
58. Hamon, T. and N. Grabar. *Acquisition of Medical Terminology for Ukrainian from Parallel Corpora and Wikipedia*. in *International Conference on Terminology and Artificial Intelligence*. 2015. Granada, Spain: Pamela Faber and Thierry Poibeau. 71-79.
59. Hamon, T. and N. Grabar. *Adaptation of cross-lingual transfer methods for the building of medical terminology in Ukrainian*. in *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*. 2016. Konya, Turkey: Springer. 12p.
60. Hamon, T., F. Mougin, and N. Grabar. *Generating and executing complex natural language queries across linked data*. in *International Congress on Medical Informatics*. 2015. Sao Paulo, Brazil. 815-820.
61. Ive, J., A. Max, F. Yvon, and P. Ravaud. *Diagnosing High-Quality Statistical Machine Translation Using Traces of Post-Edit Operations*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation -Workshop on Translation Evaluation: From Fragmented Tools and Data Sets to an Integrated Ecosystem*. 2016. Portoroz, Slovenia. 8p.
62. Karoui, J., F. Benamara, V. Moriceau, N. Aussenac-Gilles, and L. Hadrich Belguith. *Détection automatique de l'ironie dans les tweets en français*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 6p.
63. Karoui, J., F. Benamara, V. Moriceau, N. Aussenac-Gilles, and L. Hadrich-Belguith. *Towards a Contextual Pragmatic Model to Detect Irony in Tweets*. in *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2015. Beijing, China. 7p.
64. Kelly, L., L. Goeuriot, H. Suominen, A. Névéol, J.a. Palotti, and G. Zuccon. *Overview of the CLEF eHealth Evaluation Lab 2016*. in *Conference and Labs of the Evaluation Forum*. 2016. Evora, Portugal: Springer. 255-266.
65. Lavergne, T., A. Névéol, A. Robert, C. Grouin, G. Rey, and P. Zweigenbaum. *A Dataset for ICD-10 Coding of Death Certificates: Creation and Usage*. in *Workshop on Building and Evaluating Resources for Biomedical Text Mining*. 2016: ACL. 10p.
66. Lavergne, T. and P. Zweigenbaum. *Hybrid methods for ICD-10 coding of death certificates*. in *International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*. 2016. Austin, Texas, USA. 96-105.
67. Le Maguer, S., T. Hamon, N. Grabar, and V. Claveau. *Recherche d'information médicale pour le patient : Impact de ressources terminologiques*. in *Conférence en Recherche d'Information et Applications*. 2015. Paris, France. 469-484.
68. Letard, V., G. Illouz, and S. Rosset. *Évaluation de l'apprentissage incrémental par analogie*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 13p.
69. Letard, V., G. Illouz, and S. Rosset. *Reducing Noise Sensitivity of Formal Analogical Reasoning applied to Language Transfer*. in *Computational Analogy Workshop at ICCBR*. 2016. Atlanta, United-States (GA): Alexandra Coman & Stelios Kapetanakis. 11p.
70. Letard, V., S. Rosset, and G. Illouz. *Analogical Reasoning for Natural to Formal Language Transfer*. in *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2015. Vietri sul Mare, Italy. 8p.

71. Letard, V., S. Rosset, and G. Illouz. *Incremental Learning From Scratch Using Analogical Reasoning*. in *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2016. San Jose, CA, US: Nikolaos Bourbakis, Anna Esposito, Amol Mali, and Miltos Alamaniotis. 8p.
72. Mariani, J.-J., G. Francopoulo, and P. Paroubek. *A Study of Reuse and Plagiarism in Speech and Natural Language Processing papers*. in *BIRNDL 2016*. 2016. Newark, USA. 72-83.
73. Mariani, J.-J., P. Paroubek, G. Francopoulo, and Z. Vetulani. *Rediscovering 10 to 20 years of Discoveries in Language and Technology*. in *Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*. 2015. Poznan, Pologne. 19p.
74. Marie, B., A. Allauzen, F. Burlot, Q.K. Do, J. Ive, E. Knyazeva, M. Labeau, T. Lavergne, K. Löser, N. Pécheux, and F. Yvon. *LIMS@WMT15 : Translation Task*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015: Association for Computational Linguistics. 6.
75. Marie, B. and A. Max. *Touch-Based Pre-Post-Editing of Machine Translation Output*. in *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2015. Lisbonne, Portugal. 1040-1045.
76. Marie, B. and A. Max. *Multi-Pass Decoding With Complex Feature Guidance for Statistical Machine Translation*. in *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2015. Beijing, China. 554-559.
77. Martinez, F., A. Manzanera, M. Gouiffès, and A. Braffort. *A Gaussian mixture representation of gesture kinematics for on-line Sign Language video annotation*. in *International Symposium on Visual Computing*. 2015. Las Vegas, NV, USA. 293-303.
78. Morlane-Hondère, F. and C. Grouin. *Normalisation de concepts cliniques par des vecteurs de mots*. in *Communautés en Ligne : outils et applications en TAL*. 2016. Paris, France: ATALA. 9p.
79. Morlane-Hondère, F., C. Grouin, V. Moriceau, and P. Zweigenbaum. *Médicaments qui soignent, médicaments qui rendent malades. Etude des relations causales pour identifier les effets secondaires*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 6p.
80. Morlane-Hondère, F., C. Grouin, and P. Zweigenbaum. *Etude des verbes introducteurs de noms de médicaments dans les forums de santé*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 6p.
81. Morlane-Hondère, F., C. Grouin, and P. Zweigenbaum. *Identification of Drug-Related Medical Conditions in Social Media*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 2022-2028.
82. Morlane-Hondère, F., C. Grouin, and P. Zweigenbaum. *Représentation des informations textuelles pour la détection d'états pathologiques par apprentissage statistique*. in *Journées Francophones d'Informatique Médicale*. 2016. Genève, Suisse. 14p.
83. Neifar, W., T. Hamon, P. Zweigenbaum, M. Ellouze Khemakhem, and L. Hadrach Belguith. *Adaptation of a Term Extractor to Arabic Specialised Texts: First Experiments and Limits*. in *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*. 2016. Konya, Turkey: Springer. 12.
84. Neifar, W., T. Hamon, P. Zweigenbaum, M. Ellouze Khemakhem, and L. Hadrach Belguith. *Impact de l'agglutination dans l'extraction de termes en arabe standard moderne*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 467-474.
85. Névéol, A., K.-B. Cohen, C. Grouin, T. Hamon, T. Lavergne, L. Kelly, L. Goeuriot, G. Rey, A. Robert, X. Tannier, and P. Zweigenbaum. *Clinical Information Extraction at the CLEF eHealth Evaluation lab 2016*. in *Workshop of the Cross-Language Evaluation Forum*. 2016. 28-42.
86. Névéol, A., K.-B. Cohen, C. Grouin, and A. Robert. *Replicability of Research in Biomedical Natural Language Processing: a pilot evaluation for a coding task*. in *International Workshop on Health Text Mining and Information Analysis*. 2016: ACL. 78-84.
87. Névéol, A., C. Grouin, X. Tannier, T. Hamon, L. Kelly, L. Goeuriot, and P. Zweigenbaum. *CLEF eHealth Evaluation Lab 2015 Task 1b: clinical named entity recognition*. in *CLEF eHealth Evaluation Lab*. 2015: LIMSI-CNRS. 9p.
88. Neves, M., A. Jimeno Yepes, and A. Névéol. *The Scielo Corpus: a parallel corpus of Production scientifique for biomedicine*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 2942-2948.
89. Nguyen, K.-H., X. Tannier, O. Ferret, and R. Besançon. *Generative Event Schema Induction with Entity Disambiguation*. in *Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*. 2015. Beijing, China. 10p.
90. Nguyen, K.-H., X. Tannier, O. Ferret, and R. Besançon. *Désambiguïsation d'entités pour l'induction non supervisée de schémas événementiels*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 10p.
91. Nguyen, K.-H., X. Tannier, O. Ferret, and R. Besançon. *A Dataset for Open Event Extraction in English*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 5p.

92. Pécheux, N., A. Allauzen, T. Lavergne, G. Wisniewski, and F. Yvon. *Oublier ce qu'on sait, pour mieux apprendre ce qu'on ne sait pas : une étude sur les contraintes de type dans les modèles CRF*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France: ATALA. 12p.
93. Peter, J.-T., T. Alkhouli, H. Ney, M. Huck, F. Braune, A. Fraser, A. Tamchyna, O.v. Bojar, B. Haddow, R. Sennrich, F.e.e. Blain, L. Specia, A. Allauzen, L. Aufrant, F. Burlot, E. Knyazeva, T. Lavergne, and F. Yvon. *The QT21/HimL Combined Machine Translation System*. in *First Conférence on Machine Translation*. 2016: QT21. 344-355.
94. Pho, V.-M., B. Grau, and A.-L. Ligozat. *Estimation de l'homogénéité sémantique pour les Questionnaires à Choix Multiples*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 12p.
95. Pho, V.-M., A.-L. Ligozat, and B. Grau. *Distractor quality evaluation in Multiple Choice Questions*. in *International Conference on Artificial Intelligence in Education*. 2015. Madrid, Spain. 377-386.
96. Pontiki, M., D. Galanis, H. Papageorgiou, I. Androutsopoulos, S. Manandhar, M. Al-Smadi, M. Al-Ayyoub, Y. Zhao, B. Qin, O. De Clercq, V. Hoste, M. Apidianaki, and X. Tannier. *SemEval-2016 Task 5: Aspect Based Sentiment Analysis*. in *International Workshop on Semantic Evaluation*. 2016. San Diego, USA. 12p.
97. Rabary, C., T. Lavergne, and A. Névéol. *Étiquetage morpho-syntaxique en domaine de spécialité: le domaine médical*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen. 7p.
98. Rosier, A., P. Mabo, L. Temal, P. Van Hille, O. Dameron, L. Deléger, C. Grouin, P. Zweigenbaum, J. Jacques, E. Chazard, L. Laporte, C. Henry, and A. Burgun. *Remote monitoring of cardiac implantable devices: ontology driven classification of the alerts*. in *Special Topic Conference of the EFMI*. 2016. Paris, France. 5p.
99. Rosset, S., L. Campillos, D. Bouamor, E. Bilinski, A.-L. Ligozat, and P. Zweigenbaum. *Un patient virtuel dialogant*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 2p.
100. Rosset, S., J. Leleu, R. Caillat-Grenier, N. Pierard, P. Rica, J.-C. Granry, T. Lehoussé, S. Pereira, P. Bretier, O. Rosec, E. Bilinski, D. Bouamor, L. Campillos, B. Grau, A.-L. Ligozat, and P. Zweigenbaum. *Patient Genesys : Outil de création de cas cliniques de simulation médicale proposant des cas patients virtuels en 3D*. in *Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle*. 2015. Rennes, France. 2p.
101. Sharoff, S., P. Zweigenbaum, and R. Rapp. *BUCC shared task: Cross-language document similarity*. in *Workshop on Building and Using Comparable Corpora*. 2015. Beijing, China. 74-78.
102. Tack, A., T. François, A.-L. Ligozat, and C. Fairon. *Modèles adaptatifs pour prédire automatiquement la compétence lexicale d'un apprenant de français langue étrangère*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 14.
103. Tack, A., T. François, A.-L. Ligozat, and C. Fairon. *Evaluating lexical simplification and vocabulary knowledge for learners of French: possibilities of using the FLELex resource*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 7p.
104. Tannier, X. *NLP-driven Data Journalism: Time-Aware Mining and Visualization of International Alliances*. in *Natural Language meets Journalism, workshop of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*. 2016. New York, USA. 4p.
105. Tannier, X. and F. Vernier. *Creation, Visualization and Edition of Timelines for Journalistic Use*. in *Natural Language meets Journalism, workshop of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*. 2016. New York, USA. 4p.
106. Tapi Nzali, M.D., X. Tannier, and A. Névéol. *Analyse d'expressions temporelles dans les dossiers électroniques patients*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 7p.
107. Tapi Nzali, M.D., X. Tannier, and A. Névéol. *Automatic Extraction of Time Expressions Accross Domains in French Narratives*. in *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2015. Lisbon, Portugal: ACL. 492-498.
108. Todirascu, A., T. François, D. Bernhard, N. Gala, and A.-L. Ligozat. *Are Cohesive Features Relevant for Text Readability Evaluation?* in *International Conference on Computational Linguistics*. 2016. Osaka, Japan. 11p.
109. Tourille, J., O. Ferret, A. Névéol, and X. Tannier. *Extraction de relations temporelles dans des dossiers électroniques patient*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 7p.
110. Zweigenbaum, P., C. Grouin, and T. Lavergne. *Une catégorisation de fins de lignes non-supervisée*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 8p.
111. Zweigenbaum, P., C. Grouin, and T. Lavergne. *Supervised classification of end-of-lines in clinical text with no manual annotation*. in *Workshop on Building and Evaluating Resources for Biomedical Text Mining*. 2016. Osaka, Japan. 80-88.
112. Zweigenbaum, P. and T. Lavergne. *LIMSI ICD10 coding experiments on CépiDC death certificate statements*. in *Workshop of the Cross-Language Evaluation Forum*. 2016. Évora, Portugal. 205-218.

113. Zweigenbaum, P., S. Sharoff, and R. Rapp. *Towards preparation of the second BUCC shared task: Detecting parallel sentences in comparable corpora*. in *Workshop on Building and Using Comparable Corpora*. 2016. Portoroz, Slovenia: Reinhard Rapp, Pierre Zweigenbaum, Serge Sharoff. 38-43.
114. Dubuisson Duplessis, G., V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Joker Chatterbot*. in *Workshop on Collecting and Generating Resources for Chatbots and Conversational Agents - Development and Evaluation (RE-WOCHAT) @LREC*. 2016. Portoroz, Slovenia. 2p.
115. Bojar, O.v., R. Chatterjee, C. Federmann, Y. Graham, B. Haddow, M. Huck, A. Jimeno Yepes, P. Koehn, V. Logacheva, C. Monz, M. Negri, A. Névéol, M. Neves, M. Popel, M. Post, R. Rubino, C. Scarton, L. Specia, M. Turchi, K. Verspoor, and M. Zampieri. *Findings of the 2016 Conference on Machine Translation*. in *First Conference on Machine Translation (2016)*. 2016. Berlin, Allemagne. 131-198.
116. Torres Aguilar, S., X. Tannier, and P. Chastang. *Named entity recognition applied on a data base of Medieval Latin charters. The case of chartae burgundiae*. in *HistoInformatics 2016*. 2016. Krakow, Poland. 5p.
117. Tourille, J., O. Ferret, A. Névéol, and X. Tannier. *LIMSI-COT at SemEval-2016 Task 12: Temporal relation identification using a pipeline of classifiers*. in *International Workshop on Semantic Evaluation*. 2016. San Diego, CA, USA. 1136-1142.

► Congrès sans actes, workshops

1. Braffort, A. *Eye gaze in French Sign Language: a study on depicting signs*. in *Theoretical Issues in Sign Language Research*. 2016. Melbourne, Australia. 2p.
2. Braffort, A. *MOCAP1: A motion capture corpus of French Sign Language for interdisciplinary studies*. in *Journées d'  tudes D.I.G : La dynamique Interactionnelle du Geste «Making sense together»*. 2016. Paris, France.
3. D'Hondt, E., B. Grau, and P. Zweigenbaum. *Automatic extraction of disease features from Wikipedia*. in *Computational Linguistics in the Netherlands*. 2015. Antwerp, The Netherlands. 1p.
4. Grouin, C. *LIMSI at CEGS N-GRID 2016 NLP Shared-Tasks: Track 1.B De-Identification of Clinical Texts at Character and Token Levels*. in *CEGS N-GRID Workshop*. 2016. Chicago, IL. 2p.
5. Hadjadj, M., M. Filhol, and A. Braffort. *Reconnaissance et approches descriptives des langues des signes*. in *Histoire des langues et histoire des représentations linguistiques*. 2016. Paris, France.
6. Tognola, G., M. Fiszman, G. Del Fiol, A. Roberts, M. Taboada, and P. Zweigenbaum. *Recent Clinical Applications of Natural Language Processing: Barriers and opportunities for their extension*. in *International Congress on Medical Informatics*. 2015. S  o Paulo, Brazil.
7. Zweigenbaum, P., V. Moriceau, and C. Grouin. *LIMSI at CEGS N-GRID 2016 NLP shared-tasks: Track 2, RDoC*. in *N-GRID NLP Challenge*. 2016: Centers of Excellence in Genomic Science (CEGS). 2p.

TLP

Traitement du Langage Parlé

Jean-Luc GAUVAIN

Le groupe Traitement du Langage Parlé poursuit des recherches visant à comprendre les processus de communication humaine par la parole et à développer des modèles utiles pour le traitement automatique de la parole. Pour extraire et structurer les informations dans les documents audio, le groupe développe des modèles et des algorithmes fondés sur diverses sources d'information pour procéder à un décodage global du signal, qui peut s'appliquer à l'identification du locuteur, de la langue pratiquée, de l'état affectif du locuteur, à la transcription de la parole ou à sa traduction, ou encore à la reconnaissance d'entités spécifiques. Cette recherche est par nature interdisciplinaire, allant de l'expertise en traitement du signal, en acoustico-phonétique, en phonologie, en sémantique jusqu'aux statistiques et à l'informatique.

Thème 1: Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia

Hervé Bredin, Gilles Adda, Claude Barras, Camille Guinaudeau, Yulia Matveeva, Johann Poignant, Guillaume Wisniewski, Ruiqing Yin.*

** = a quitté TLP durant la période*

Les activités du thème "Caractérisation du locuteur dans un contexte multimédia" se sont développées principalement selon trois grands axes, qui nous ont amenés à changer l'intitulé du thème en "Structuration de documents audio-visuels". Les travaux sur la segmentation et le regroupement en locuteurs dans les documents audio, en retrait ces dernières années, ont été relancés. En particulier, il s'agit de repenser les approches classiquement utilisées pour le traitement des journaux radio- ou télé-diffusés, qui atteignent leurs limites quand elles sont appliquées à d'autres types de contenus (films, séries TV, enregistrements de réunions). Dans le cadre du projet ANR-SNSF/ODESSA (2016-2019), nous étudions l'apport des approches neuronales et des techniques d'apprentissage structuré pour le traitement en flux. Nous avons en particulier démontré l'efficacité des réseaux de neurones récurrents pour les tâches de segmentation en tours de parole.

La composante "multimédia" a émergé avec la tâche "Multimodal Person Discovery in Broadcast TV" que nous avons organisée lors des campagnes d'évaluation MediaEval 2015 et 2016 en lien avec le projet CHIST-ERA/CAMOMILE (2012-2016). Dans ce cadre, nous avons montré qu'il est possible d'identifier de façon non supervisée (c'est-à-dire sans faire appel à des modèles biométriques préalablement entraînés sur des données annotées manuellement) la grande majorité des personnes intervenant à la télévision, en combinant reconnaissance de visage, segmentation et regroupement en locuteur, et reconnaissance optique des noms de personnes. Le projet ANR-DFG/PLUMCOT qui a débuté en 2016 vise à développer cette thématique, et en particulier à étudier l'apport du traitement automatique de la langue pour l'identification nommée du locuteur : il s'agit ici d'inférer l'identité des personnages à partir de la structure et du contenu des dialogues.

Enfin, le projet ANR/MetaDaTV (2015-2018) a permis de développer une nouvelle activité portant sur la structuration sémantique de contenu audio-visuels (films, séries TV), où la composante "traitement automatique de la langue" prend une place importante. Il s'agit de tirer profit des différentes méta-données textuelles (transcription manuelle, sous-titre, résumé, etc.) pour structurer automatiquement ce type de contenu.

Un axe transverse portant sur la question de l'évaluation des technologies multimédia rapproche ces trois grands axes thématiques. En particulier, un effort particulier a été mené autour de la question de la recherche reproductible, au travers du développement de la plateforme CAMOMILE d'annotation collaborative de documents multimédia, de la bibliothèque libre pyannote pour l'évaluation des différentes technologies développées, et évidemment de la campagne d'évaluation comparative MediaEval.

La période a été marquée par l'organisation de la tâche MediaEval "Multimodal Person Discovery in Broadcast TV" en 2015 et 2016 et par l'acceptation de deux projets ANR internationaux en 2015 et 2016 (ODESSA avec la Suisse et PLUMCOT avec l'Allemagne)

Thème 2 : Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots et enjeux éthiques

Laurence Devillers, Lucile Bechade, Eric Bilinski, Clément Chastagnol, Agnès Delaborde*, Guillaume Duplessis-Dubuisson*, Caroline Etienne, Mélanie Garcia, Clément Gossart*, Varun Jain*, Joseph Mariani, Antonin Penon, Mohamed Sehili*, Mariette Soury*, Marie Tahon*, Ioana Vasilescu, Fan Yang **
* = a quitté TLP durant la période

L'activité du thème "Dimensions affectives et sociales des interactions parlées avec des (ro)bots" recouvre des recherches relatives à trois grands domaines : l'apprentissage automatique (deep learning) pour la détection des émotions, la modélisation et l'évaluation de l'interaction avec des (ro)bots affectifs et l'éthique en apprentissage machine et robotique. Nous visons à former des machines intelligentes capables de traiter les dimensions affectives et sociales dans l'interaction avec les humains. Les défis de recherche à long terme sont la fusion entre le canal linguistique et paralinguistique pour l'interprétation et la prise de décision dans l'interaction parlée, la robustesse et transparence des systèmes de détection des émotions (expériences cross-corpus, techniques d'apprentissage et d'adaptation), les systèmes de dialogue social et affectif pour une utilisation à long terme (notamment pour des applications de robot compagnon par exemple pour des personnes âgées), l'éthique et la robotique affective.

La robotique est un cadre pertinent pour les applications d'assistance en raison de l'apprentissage et des compétences des robots. L'interaction parlée homme-robot est un sujet brûlant sur la robotique. Ce vaste domaine de recherche, englobant l'interaction sociale entre robots et humains, pose de nombreux défis à la communauté. Dans un proche avenir, la robotique axée sur l'aide sociale vise à aborder les domaines critiques et les lacunes dans les soins en automatisant la supervision, le coaching, la motivation et les aspects de la camaraderie des interactions individuelles avec des individus de diverses grandes et croissantes populations, les personnes handicapées et les personnes souffrant de phobies sociales parmi beaucoup d'autres.

Pendant la période 2015-2016, les activités du thème se sont développées principalement au sein des projets : BPI ROMEO2 (2013-17) pour l'assistance aux personnes âgées (www.projetromeo.com), EU CHIST-ERA JOKER (JOke and Empathy of a Robot/ECA) (2013-17) <http://www.chistera.eu/projects/joker> JOKER sur l'humour dans les relations homme-robot : <https://lejournal.cnrs.fr/billets/rire-avec-les-robots-pour-mieux-vivre-avec> et des projets ISN (Institut de la Société Numérique) à Paris-Saclay dans le pôle co-évolution homme-machine (responsable L. Devillers LIMSI-CNRS avec C. Licoppe Telecom ParisTech). La co-évolution Humain-Machine porte l'idée de la distribution de l'intelligence entre les utilisateurs et les machines (robotique, objets connectés, maison intelligente etc.). Dans cette perspective, l'utilisateur apprend l'utilisation de la machine en même temps que la machine s'adapte à lui, posant des questions d'acceptabilité, de conception d'interaction et d'éthique. L'évolution conjointe des technologies et des utilisateurs implique une collaboration des acteurs STIC et SHS au cours des projets, de leur conception à leur évaluation. Deux projets de robotique sociale ont été menés dans le cadre de l'ISN :

- TE2R (2015-16) : Pistes, explications et responsabilités du robot- Les grands défis de la robotique dans la société: comprendre et construire la société numérique, portée par le laboratoire CERDI (Université Paris-Sud) et par le LIMSI.
- Robot-humain-Quantified-Self (2015-16) : Expériences d'approches novatrices de renforcer la puissance de stimulation et d'attachement de l'interaction homme-robot porté par le LIMSI-CNRS et I3-Telecom-Paris.

Les questions éthiques, y compris la sécurité, la confidentialité et la fiabilité du comportement du robot, sont également de plus en plus largement discutés. Il est donc nécessaire qu'une plus grande pensée éthique soit associée au développement scientifique et technologique des robots, afin d'assurer l'harmonie et l'acceptabilité de leur relation avec les êtres humains. Nous sommes également impliqués dans le groupe de travail éthique pour la recherche en robotique du CERNA (Comité sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies de la technologie numérique d'Allistene) et l'initiative IEEE sur l'éthique des systèmes autonomes. La société savante IEEE a annoncé en décembre 2016 la publication de la première version du document intitulé Ethically Aligned Design: A Vision for Prioritizing Human Wellbeing with Artificial Intelligence and Autonomous Systems qui encourage les technologues à prioriser les facteurs liés à l'éthique dans la conception de technologies autonomes et intelligentes. Le document

a été rédigé par de multiples comités de l'Initiative mondiale IEEE composés de plus de cent leaders visionnaires et d'experts en intelligence artificielle, en éthique et questions connexes. L. Devillers a participé à cette initiative avec d'autres chercheurs de la CERNA.

La période s'est terminée avec la préparation de la conférence IWSDS 2017 (8th International Workshop on Spoken Dialogue Systems The Future of Social interaction with Agents) qui se déroulera à Farmington, en Pennsylvanie, USA, du 6 au 9 Juin 2017.

Thème 3 : Perception et traitement automatique de la variation dans la parole

Ioana Vasilescu, Philippe Boula de Mareuil, Gilles Adda, Martine Adda-Decker, Alexandre Allauzen, Eric Bilinski, Lori Lamel, Hélène Maynard, Sophie Rosset

Les activités autour du thème « Perception et traitement automatique de la variation dans la parole » ont comme objectif de circonscrire et de modéliser la variation présente dans la parole, qu'il s'agisse de variation diatopique, diastratique, diaphasique ou diachronique. La méthode adoptée comprend une analyse statistique de grands corpus oraux (utilisant notamment des systèmes de reconnaissance de la parole comme outils d'exploration linguistique) et l'exploitation de la composante perceptive, via des comparaisons humain/machine dans différentes configurations expérimentales. Ces dernières années, nous avons concentré nos efforts autour de deux axes.

D'une part, nous avons abordé la variation orale dans des grands corpus multilingues, dans différentes langues dont le roumain. Nous avons décrit des instances de variation mais également abordé des questions fondamentales telles que le statut phonématique de certaines unités phonétiques fortement fluctuantes (souvent à l'origine d'erreurs de transcription automatique de la parole), la variation synchronique vs les changements phonétiques, l'interface phonétique vs morpho-phonologique ou encore les paramètres acoustiques du code switching français/arabe. Pour ce qui est de la perception, nous avons continué d'exploiter des paradigmes permettant de mieux comprendre les défis des systèmes dédiés au traitement de la communication parlée, en nous focalisant sur la catégorisation humaine de la gravité des erreurs de transcription automatique et sur la comparaison humain/système dans la catégorisation des entités nommées.

D'autre part, nous avons poursuivi des activités de documentation des accents et langues régionales via l'acquisition de données permettant de cartographier la variation diatopique (en particulier en français). Le fruit de cette seconde activité prend de plus en plus la forme d'atlas dialectologiques des accents et langues régionales de France. Nous avons exploré la notion de phonostyle et surtout d'accents (étrangers et régionaux), en partant du français et en élargissant l'éventail de langues étudiées à l'italien, à l'allemand et au portugais. En commençant le plus souvent par des expériences perceptives et en menant en parallèle ou ensuite des analyses acoustiques, nous nous sommes efforcés de mettre en relation ces deux volets perceptif et acoustique. Dans plusieurs études, la recopie de prosodie a été utilisée, un paradigme qui permet de discerner les aspects prosodiques caractérisant divers styles ou accents. Notre intérêt pour les accents régionaux nous a en outre conduits à investir le champ des langues régionales de France, dans lesquelles nous avons multiplié les enquêtes de terrain. Les enregistrements recueillis ont également contribué à l'identification et à la caractérisation d'accents régionaux en français, à travers des études à grande échelle (à base de crowdsourcing).

Thème 4 : Analyse robuste de la langue parlée et système de dialogue

Sophie Rosset, Gilles Adda, Martine Adda-Decker, Mohamed Ben Jannet, Eric Bilinski, Leonardo Campillos Llanos, Guillaume Dubuisson Duplessis, Lori Lamel, Vincent Letard, Joseph Mariani, Rashedur Rahman, Ioana Vasilescu

Ces deux dernières années, nos activités se sont concentrées dans deux directions : la proposition et l'évaluation de métriques pour la reconnaissance de la parole (RAP) et la modélisation du dialogue homme-machine.

Nous avons proposé une nouvelle métrique d'évaluation de systèmes de RAP étant donnée une tâche de reconnaissance d'entités nommées (REN). La métrique la plus utilisée pour évaluer la qualité d'un système de RAP est le WER¹. En dehors du WER, d'autres métriques ont été proposées, certaines qui visent à mesurer la perte d'information (comme le RIL ou le WIL) et d'autres spécifiquement adaptées à une tâche (comme le NE-WER, un WER calculé sur les zones contenant des entités nommées). Nous avons proposé ATENE, une métrique dont l'objectif est d'estimer

¹ Word Error Rate

le risque qu'une erreur de RAP produise une erreur de REN. Elle s'appuie sur une comparaison de probabilités de présence d'éléments d'intérêt (des entités dans le cas de la REN, des concepts si on l'utilise dans le cas de la compréhension par exemple) dans les transcriptions de référence et dans les hypothèses des systèmes de RAP. Cette métrique, comparée aux autres, permet d'une part un meilleur classement des systèmes de RAP étant donnée la tâche de REN (évaluée sur les données des campagnes Quaero et Etape) et d'autre part a montré son utilité pour le tuning d'un système de RAP.

Nous nous sommes attachés à deux problématiques concernant la modélisation du dialogue. D'une part, dans un cadre de patient virtuel pour la formation médicale, nous avons proposé un modèle de dialogue intégrant une utilisation dynamique, contextuelle et centralisée, de ressources terminologiques de taille conséquentes (plusieurs centaines de milliers de n-uplets d'informations). Cette modélisation a été intégrée avec succès dans le cadre du projet PatientGenesys (voir groupe ILES) et a donné lieu à un projet maturation SATT PVDIAL. L'autre aspect de nos recherches a concerné la proposition et la comparaison d'approches non supervisées pour la modélisation de la conversation tout venant. Les différentes approches que nous avons proposées et expérimentées ont été évaluées notamment dans le cadre de l'initiative WOCHAT. Le système implémentant ces approches est accessible via une interface Web et les données collectées sont mises à disposition de la communauté (TLP, thème 2 et groupe ILES).

Thème 5 : Traduction et apprentissage

François Yvon, Alexandre Allauzen, Marianna Apidianaki, Laurianne Auffrant, Rachel Bawden, Franck Burlot, Khanh Quoc Do, Pierre Godard, ElenaKnyazeva, Julia Ive, Ophélie Lacroix*, Matthieu Labeau, Kevin Löser, Hélène Maynard, Nicolas Pécheux*, Pooyan Safari, Yong Xu*, Guillaume Wisniewski.*

** = a quitté TLP durant la période*

L'activité du thème "Traduction et Apprentissage" Automatique recouvre un large spectre de thématiques relatives à l'apprentissage automatique en traitement automatique des langues, avec une application privilégiée: la traduction automatique (TA). Pendant la période, ces activités se sont développées principalement sur trois grands axes.

L'amélioration des systèmes et des modèles de traduction automatique reste au cœur de nos préoccupations et nous avons continué de contribuer activement au développement d'architectures neuronales pour la TA, notamment en étudiant différentes fonctions objectifs, ou encore des représentations à base de caractères, pour entraîner des modèles neuronaux. Divers travaux connexes ont été conduits en parallèle: développement de systèmes pour la TA de haute-qualité en domaine de spécialité, étude de nouvelles méthodes d'assistance à la traduction humaine, architectures pour traduire depuis et vers les langues morphologiquement riches (projet H2020/QT21), prise en compte du contexte pour la traduction de dialogue, propositions de nouvelles métriques pour la TA. Les travaux en TA sont valorisés par des participations régulières à des campagnes d'évaluation pour la traduction de texte (campagnes WMT'15 et WMT'16) ou de parole (IWSLT'16).

Si la TA fournit une application exemplaire pour étudier des tâches complexes d'apprentissage supervisé pour des données structurées, un problème très voisin, celui de l'alignement de bitextes, nous a fourni un cadre pour étudier les méthodes d'apprentissage non-supervisées. Le projet ANR/TransRead (achevé en 2016) a ainsi mis en valeur l'intérêt de calculer des alignements de phrases et de mots très sûrs pour des tâches de lecture bilingue. Un autre contexte est celui de l'ANR/BULB qui nous amène à étudier des alignements entre des séquences de phones (dans des langues mal documentées) et des séquences de mots (en français) et pose en réalité un double problème: celui de découverte automatique d'unités signifiantes et celui de l'alignement de ces unités avec les mots d'une langue connue. Pour aborder cette tâche, les modèles probabilistes bayésiens non-paramétriques offrent un cadre formel approprié, que nous avons utilisé pour formuler- puis évaluer- une extension non-paramétrique du modèle HMM (reposant sur les processus de Pitman-Yor) pour la segmentation morphologique.

L'activité en traitement des langues multilingue s'est développée dans une troisième direction, celui du transfert de connaissances ou de ressources depuis une langue bien documentée et outillée vers une autre langue moins bien dotée. Ce cadre permet à la fois de reposer des questions fondamentales du point de vue linguistique (l'existence d'universaux linguistiques, ou du moins de propriétés partagées par de nombreuses langues) comme du point de vue statistique (l'apprentissage faiblement supervisé, l'adaptation au domaine). Dans ce contexte, nos travaux ont étudié les deux principaux modes de transfert: transfert de modèles délexicalisés et transfert d'annotations pour des tâches variées: étiquetage morpho-syntaxique, analyse en dépendance, alignement de mots, détection de rôles sémantiques. Concernant le transfert délexicalisé, nous avons proposé une nouvelle méthode pour augmenter, en injectant des connaissances linguistiques, les performances des modèles transférées; concernant le transfert d'annotation, nous avons formulé et évalué une technique simple mais très efficace pour apprendre des parseurs à partir

d'étiquetages partiels et/ou bruités. Le transfert de connaissances entre langues peut également s'avérer fructueux pour des tâches sémantiques: nous avons ainsi montré que l'utilisation conjointe de paraphrases et de traductions permettait de définir une mesure automatique de l'ambiguïté sémantique d'un lemme. Ce travail de nature plus fondamental a fait l'objet d'une publication dans la revue phare du domaine.

Si le maintien de systèmes de TA à l'état de l'art doit rester un objectif pour les prochaines années, il importe de focaliser nos efforts sur des tâches de complexité raisonnable, sous peine que cette activité mobilise l'essentielle de nos ressources afin de faire face à une compétition de plus en plus acharnée entre équipes industrielles (Google, Facebook, Amazon, etc) qui disposent de moyens incommensurables aux nôtres. En parallèle, la diversification de nos activités vers d'autres problèmes du traitement multilingue des langues et l'étude de problèmes plus fondamentaux doit se poursuivre afin que le thème conserve des débouchés suffisamment variés pour bien valoriser ses travaux.

La période a été marquée par l'acceptation de deux projets ANR (Parsiti et MultiSem) et par une publication dans la revue *Computational Linguistics* en 2016 (Apidianaki et al) ainsi qu'un *Best Paper Award* à TALN 2015 (Do, Allauzen, Yvon).

Thème 6 : Reconnaissance de la parole

Lori Lamel, Gilles Adda, Martine Adda-Decker, Djegdjiga Amazouz, Jamison Cooper-Leavitt, Jean-Luc Gauvain, Gregory Gelly, Arseniy Gorin, Guangpu Huang, Rasa Lileikyte, Joshua Meyer

La reconnaissance de la parole consiste à convertir le signal vocal en une séquence de mots. Les approches actuelles les plus performantes sont fondées sur une modélisation statistique de la parole. Nos recherches traitent des principaux aspects de la reconnaissance de la parole : la modélisation linguistique, la prononciation, la modélisation acoustico-phonétique et le décodage. La réalisation d'un mot est grandement dépendante du locuteur, du style de parole, du contexte social et de l'environnement acoustique. Les systèmes de transcription de la parole doivent être capables de prendre en compte ces dépendances contextuelles variables dans le temps en adaptant leurs modèles linguistiques et acoustiques. Nos travaux de recherche se place dans un contexte multilingue qui nous amène à étudier et développer des modèles pour une grande variété de langues et de dialectes. En relation avec le thème 3, des études linguistiques sont réalisées sur des corpus oraux afin d'identifier et de quantifier certaines tendances linguistiques, et les erreurs des systèmes automatiques sont analysées pour identifier leurs points faibles et les comparer aux performances humaines.

Des travaux récents ont porté sur les langues peu dotées (à faibles ressources), en particulier sur la découverte automatique des unités acoustiques et lexicales, et la modélisation acoustique multilingue. Ces techniques sont particulièrement utiles pour le traitement de conversations téléphoniques pour lesquelles il est difficile d'annoter des données pour l'apprentissage des modèles. D'autres travaux en cours explorent l'utilisation de réseaux neuronaux pour l'extraction de caractéristiques acoustiques discriminatives, ainsi que pour spécialiser ces caractéristiques acoustiques pour une langue ou un dialecte. Ces recherches sont réalisées dans le cadre des projets ANR Salsa and Bulb. Le projet Salsa concerne la reconnaissance de la parole téléphonique, en particulier pour le français accentué et le mélange de langues. Le projet Bulb rassemble linguistes et informaticiens dans le but d'utiliser des technologies de la langue pour l'étude et l'analyse des langues non écrites.

Une thématique étroitement liée à la reconnaissance de la parole est celle de l'identification de la langue ou du dialecte. Trois approches complémentaires ont été explorées : une approche purement acoustique (GMMs, l-vecteurs, LSTM RNN), une approche phonotactique avec un ou plusieurs décodeurs phonémiques, et une approche lexicale. Nous avons comparé ces trois méthodes et leurs combinaisons dans le cadre d'une campagne d'évaluation organisée par le NIST sur la reconnaissance de la langue. Pour l'identification des dialectes de l'arabe, étudiée dans le cadre du projet DGA RAPID ORELO, l'approche phonotactique s'avère être la plus performante.

Nous travaillons également sur le problème de la séparation parole / non-parole, qui est une étape clé dans le processus de traitement car les élisions à ce niveau ne peuvent pas être corrigées a posteriori. Nous avons développé une méthode d'apprentissage qui minimise le taux d'erreur de transcription au lieu de minimiser les erreurs de segmentation.

Nous avons soutenu les campagnes d'évaluations MediaEval et TrecVID en 2015 et 2016, en fournissant les transcriptions automatiques de plusieurs centaines d'heures de données audio.

Thème 7 : Ressources langagières

Gilles Adda, Martine Adda-Decker, Djegdjiga Amazouz, Claude Barras, Eric Bilinski, Philippe Boula de Mareüil, Hervé Bredin, Jean-Luc Gauvain, Lori Lamel, Joseph Mariani, Sophie Rosset, Ioana Vasilescu

Les modèles statistiques et la mise en œuvre de l'évaluation comparative ont été une force d'entraînement dans le traitement de la parole depuis plus de 30 ans. Les corpus sont centraux à ces deux paradigmes importants. Tandis que dans le passé, l'utilisation des corpus volumineux a été limitée à quelques domaines et les langues, la dernière décennie a été témoin d'une vraie expansion vers le multilinguisme et la multimodalité.

Développer des corpus et organiser des évaluations est crucial pour la communauté du traitement automatique des langues, mais aussi des linguistes. Cela pose des problèmes scientifiques et pratiques, comme par exemple quel corpus constituer et comment l'annoter, comment prendre en compte les erreurs, leur diagnostic et leur impact (ANR VERA); en retour ils soulèvent des problèmes déontologiques comme par exemple comment récompenser les instigateurs, ou comment assurer l'éthique dans le processus de collection. Ce thème traite des problèmes théoriques et pratiques de la collection, de l'annotation et de la diffusion des corpus multilingues multimodaux volumineux. À la suite du projet Quaero, où plus de 1.700 heures de parole émissions radio-télévisées, séminaires,...) en 25 langues ont été transcrites manuellement, nous nous orientons maintenant vers des corpus spécifiques, pour des problèmes spécifiques, et avec une finalité double, à la fois pour des fins linguistiques et pour développer des systèmes. Nous pouvons citer par exemple le développement de corpus français-algérien pour étudier le code-switching (projet ANR SALSALSA) ou le développement d'un corpus en roumain pour étudier la tâche Diapix (collaboration LIMSI- Labex EFL) (en collaboration avec le thème 3 et le thème 6). Un exemple marquant de la volonté de faire collaborer les technologies et les études linguistiques se trouve dans le développement de corpus en trois langues bantoues (mbochi, basaa, myene) contenant plus de 50 heures dans chacune des langues, chaque donnée originale étant répétée minutieusement et traduite oralement, dans le but de développer les outils d'aide à la documentation des langues non-écrites (projet ANR-DFG BULB en collaboration avec les thèmes 5 et 6). L'annotation des données multimédia volumineuses nécessite la mise en place d'infrastructures innovantes. Nous avons développé pour cela dans le cadre du projet CHIST-ERA Camomile, en collaboration avec le thème 1, une plateforme d'annotation collaborative, pour les données 3M (multilingues, multimédias, multimodales) qui a été utilisée dans le cadre d'évaluations internationales. Le fait marquant de la période est la publication du numéro spécial TAL 57(2) : TAL et éthique (Karën Fort, Gilles Adda et Kevin Bretonnel Cohen).

Équipe TLP

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée
Adda	Gilles	IRHC	oui	CNRS	01/12/1991
Allauzen	Alexandre	MC	oui	U-Paris-Sud	01/10/2005
Apidianaki	Marianna	CR1		CNRS	01/10/2011
Barras	Claude	MCHC	oui	U-Paris-Sud	01/02/2000
Boula De Mareüil	Philippe	DR2	oui	CNRS	01/01/2002
Bredin	Hervé	CR1		CNRS	01/09/2010
Devillers	Laurence	PR2	oui	U-Paris-Sorbonne	01/05/1984
Gauvain	Jean-Luc	DR1	oui	CNRS	01/10/1983
Guinaudeau	Camille	MC		U-Paris-Sud	01/09/2013
Lamel	Lori	DR1	oui	CNRS	01/10/1991
Mariani	Joseph-Jean	DREM	oui	CNRS	01/09/1974
Maynard	Hélène	MCHC	oui	U-Paris-Sud	01/03/1984
Vasilescu	Ioana	CR1	oui	CNRS	01/01/2006
Rosset	Sophie	DR2	oui	CNRS	01/10/2002
Wisniewski	Guillaume	MC		U-Paris-Sud	01/09/2008
Yvon	François	DR1	oui	U-Paris-Sud	01/09/2007

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Amazouz	Djegdjiga	Doctorant	14/03/2016	
Aufrant	Lauriane	Doctorant	01/10/2015	
Bailly	Raphaël	CDD	01/03/2015	31/08/2015
Bawden	Rachel	Doctorant	01/10/2015	
Béchade	Lucile	Doctorant	01/10/2014	
Ben Jannet	Mohamed	CDD	22/10/2012	15/08/2016
Bérénice	Leila	CDD	01/01/2015	31/03/2015
Bluche	Théodore	Doctorant	01/10/2011	13/05/2015
Burlot	Franck	CDD	01/03/2015	31/01/2018
Clément	Charlotte	CDD	01/01/2015	31/03/2015
Cooper-Leavitt	Jamison	CDD	01/09/2016	30/06/2017
Delaborde	Agnès	Post-Doc	01/09/2014	31/08/2015
Do	Quoc Khanh	Doctorant	01/10/2012	31/03/2016
Dubuisson-Duplessis	Guillaume	CDD	01/10/2014	31/12/2016
Gelly	Gregory	Doctorant	02/05/2014	
Godard	Pierre	Doctorant	01/04/2015	
Gong	Li	CDD	01/12/2014	30/11/2015
Gorin	Arseniy	CDD	01/01/2015	31/12/2016
Gossart	Clément	CDD	01/10/2014	30/09/2015
Hellec	Charline	CDD	01/05/2015	30/04/2016

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Huang	Guangpu	CDD	02/04/2015	31/12/2016
Ive	Julia	Doctorant	20/02/2014	
Jain	Varun	CDD	15/07/2015	16/07/2016
Jarry	Lola	CDD	01/01/2015	31/07/2015
Knyazeva	Elena	Doctorant	01/10/2013	
Kolly	Marie-José	Visiteur	15/12/2014	26/06/2015
Labeau	Matthieu	Doctorant	01/10/2014	
Lacroix	Ophélie	CDD	01/03/2015	28/02/2017
Landeau	Anaïs	CDD	01/03/2016	31/12/2016
Le Roux	Joseph	Maître de conférences	01/09/2016	31/08/2017
Letard	Vincent	Doctorant	01/10/2013	
Li	Linlin	CDD	05/03/2014	27/05/2015
Lileikyté	Rasa	CDD	01/11/2014	31/10/2016
Loser	Kevin	Doctorant	01/10/2014	
Mardi	Mustapha	CDD	01/09/2015	30/06/2016
Matveeva	Yulia	Doctorant	01/11/2016	
Nattiez	Laura	CDD	01/10/2015	31/12/2015
Pécheux	Nicolas	Doctorant	01/10/2012	27/09/2016
Pittaro	Gabrielle	CDD	01/09/2016	02/12/2016
Poignant	Johann	CDD	01/09/2014	29/02/2016
Rezgui	Abdelhakim	CDD	15/10/2014	31/08/2015
Safari	Pooyan	Doctorant	01/11/2016	
Sehili	Mohamed El Amine	CDD	01/10/2014	30/09/2015
Sgourelli	Myrsini	CDD	01/01/2015	31/03/2015
Tahon	Marie	CDD	01/09/2014	31/08/2015
Thlithi	Marwa	ATER	01/10/2016	30/09/2017
Xu	Yong	Chercheur	01/10/2012	30/11/2016
Yang	Fan	Doctorant	01/10/2012	23/10/2015
Yin	Ruiqing	Doctorant	01/10/2016	
Ziane	Fériel	CDD	15/10/2015	30/06/2016

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Baledent	Anaëlle	01/06/2015	31/07/2015
Banica	Ioana	01/11/2015	30/11/2015
Batifol	Stephen	01/05/2016	31/08/2016
Bienvenue	Geneviève	02/05/2016	30/09/2016
Desnoues	Bertille	01/06/2015	31/07/2015
Diot	Tiphaine	17/05/2016	30/06/2016
Haas	Solange	30/05/2016	08/07/2016
Lamine	Samira	04/07/2016	24/09/2016
Lévêque	Korantin	01/06/2016	15/08/2016
Lu	Jie	15/01/2015	31/08/2015
Niculescu	Oana	01/06/2016	31/07/2016
Pen	Maknie	20/03/2015	11/05/2015
Posada	Nicolas	13/04/2015	31/08/2015
Richart	Cécile	01/07/2015	31/07/2015
Salvador	Manuel	01/06/2015	31/07/2015
Trimolet	Xavier	01/06/2016	30/11/2016
Xu	Xiuming	27/04/2015	07/08/2015
Zeng	Ke	01/05/2015	30/09/2015

Contrats de recherche et valorisation

TLP : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI €
ANR	BULB	ANR	PRCI	O	Yvon François	01/11/2014	31/10/2018	216 875
	METADA TV	ANR	Générique	O	Guinaudeau Camille	01/02/2015	31/01/2018	50 939
	VERA	ANR	Blanc	N	Rosset Sophie	01/01/2013	31/12/2015	75 810
	TransRead	ANR	CONTINT	O	Yvon François	01/10/2012	30/09/2015	236 222
	DIADEMS	ANR	CONTINT	N	Barras Claude	01/01/2013	31/12/2015	74 708
	SALSA	ANR	PRCE	N	Gauvain Jean-Luc	01/10/2014	30/09/2018	271 430
	ODESSA	ANR	PRCI	O	Barras Claude	01/10/2015	31/03/2020	140 366
	PLUMCOT	ANR	PRCI	O	Bredin Hervé	01/11/2016	31/10/2020	219 532
	MULTISEM	ANR	JCJC	O	Apidianaki Marianna	01/10/2016	31/03/2021	255 612
Collaborations de recherche	MATRICE	PRES HéSam	Equipex	N	Gauvain Jean-Luc	22/02/2011	31/12/2017	180 000
	GT «Soutien aux Réseaux Profonds»	IDEX	Labex Digicosme	N	Allauzen Alexandre et Frenoux Emmanuelle	30/01/2015	31/12/2015	2 700
	GT «Interaction Humain-Robot»	IDEX	Labex Digicosme	N	Devillers Laurence	27/03/2015	31/12/2015	2 000
	IHR-QS	IDEX	Lidex ISN	N	Devillers Laurence	17/07/2014	30/06/2016	52 500
	TE2R	IDEX	Lidex ISN	N	Devillers Laurence	12/02/2015	30/06/2016	53 500
	Co-évolution Homme-Machine	IDEX	Lidex ISN	N	Devillers Laurence	13/11/2014	30/06/2016	15 000
	ORELO	DGA/DGCIS	RAPID	N	Gauvain Jean-Luc	01/03/2014	30/11/2016	83 320
	PAPYRUS	DGA/DGE	RAPID	N	Yvon François	03/03/2014	02/03/2017	238 827
	ROMEO2	OSEO	Investissement d'Avenir	N	Devillers Laurence	01/12/2012	30/11/2016	293 308
	ALIBI	Ministère de la Culture (DGLFLF)		O	Yvon François	1/1/2016	30/06/2017	9 000
	ATLAS	Ministère de la Culture (DGLFLF)		O	Boula de Mareuil Philippe	1/1/2016	30/06/2017	10 000
	PVDIAL	SATT	Maturation	O	Zweigenbaum Pierre et Rosset Sophie	9/26/2016	25/05/2018	28/08/1976
	STORYARCS	IDEX	Labex Digicosme	O	Guinaudeau Camille	01/11/2016	31/10/2019	109 000
	Contrats avec l'UE	CAMOMILE	CEE via ANR	CHIST-ERA	O	Barras Claude	01/10/2012	31/03/2016
JOKER		CEE via ANR	CHIST-ERA	O	Devillers Laurence	01/01/2014	30/09/2017	277 024
QT21		CEE	ICT	N	Yvon François	01/02/2015	31/01/2018	256 318
MIROR		CEE	Marie Curie - ITN	N	Yvon François et Zweigenbaum Pierre	01/03/2016	29/02/2020	525 751

TLP : Contrats industriels, contrats sur financement privé...								
Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI	
Licences d'utilisation de ressources	Prêt de corpus	INA		O	Gauvain Jean-Luc	28/02/2002	27/02/2020	0
	SDC	NTU-INL		O	Lamel Lori	27/05/2009	27/05/2020	0
	Corpus émissions TV et radio	ELDA		O	Barras Claude	04/11/2011	NC	0
	Corpus CHIL	ELDA		O	Lamel Lori	06/12/2011	NC	0
	Corpus QUAERO	ELDA		O	Rosset Sophie	28/12/2011	NC	0
	Spoken Dutch corpus	ELDA		O	Lamel Lori	02/02/2012	NC	0
	MOBIO Corpus	IDIAP		O	Barras Claude	15/02/2012	NC	0
	U-STAR	NICT		O	Gauvain Jean-Luc	29/03/2016	31/03/2017	0
Encadrement de thèse		LNE	CIFRE	O	Rosset Sophie	22/10/2012	21/10/2015	23 000

TLP : Brevets, Dépôts APP, licences...					
Dépôt APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire	
IDIAL : plateforme d'intégration pour le traitement de l'information et de l'interaction	Rosset Sophie	Galibert Olivier	Juin 2013	2016 : mise à jour des évolutions du logiciel	
WMATCH (moteur d'analyse de la langue) et BDD Ritel (ensemble de grammaires et listes utilisées par WMATCH) pour l'analyse de langue française	Rosset Sophie	Galibert Olivier	Mai 2010	2016 : mise à jour des évolutions du logiciel	
Dépôt SCAM	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	Commentaire	
Corpus NCCfr	Adda Decker Martine	Ernestus Myrjiam (Univ. Radboud)	Avril 2009		
Licence	Resp. pour le LIMSI	Licencié	Date	Commentaire	
Contrat de licence non exclusive de ressources linguistiques (corpus BREF)	Lamel Lori	ELDA	Novembre 2008		
WMATCH	Rosset Sophie	INRA	Ma1 2010		
Corpus RITEL	Rosset Sophie	LNE	Juin 2010		
WMATCH	Rosset Sophie	LNE	Juin 2010		
Contrat de licence d'utilisation à titre gratuit du logiciel W-Match et de la base de données RITEL-NCA	Rosset Sophie	Apps4Cars	Novembre 2011		
Concours scientifique	Auteur LIMSI		Date	Commentaire	
Vocapia Research	Gauvain Jean-Luc	-	2002		

Production scientifique TLP 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Ben Jannet, M., *Évaluation adaptative des systèmes de transcription en contexte applicatif* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, France, le 14/10/2015, 183 p.
2. Do, Q.K., *Apprentissage discriminant des modèles continus en traduction automatique* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 31/03/2016, 166 p.
3. Pécheux, N., *Modèles exponentiels et contraintes sur les espaces de recherche en traduction automatique et pour le transfert cross-lingue* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 26/09/2016, 241 p.
4. Vasilescu, I., *De la variation dans la production et la perception de la parole : analyses linguistiques de grand corpus en lien avec le traitement automatique*, 2016, HdR Université Paris-Sud, soutenue à Orsay, France, le 24/11/2016. 90 p.
5. Xu, Y., *Confidence Measures for Alignment and for Machine Translation* 2016, thèse de l'Université Paris Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 26/09/2016, 214 p.
6. Yang, F., *Détection de marqueurs affectifs et attentionnels de personnes âgées en interaction avec un robot* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 23/10/2015, 134 p.

► Revues à comité de lecture

1. Boula De Mareüil, P., A. Riilliard, F. Ivent, and V. Kozhevina, *A comparative prosodic study of questions in French in contact with Occitan and Catalan*. Journal of Speech Sciences, 2015. **4** (2): pp.59-72.
2. Boula De Mareüil, P., A. Riilliard, F. Ivent, and V. Kozhevina, *Une étude prosodique comparative des questions en français en contact avec l'occitan et le catalan*. Langages, 2016. **202**: pp.75-91.
3. Do, Q.K., A. Allauzen, and F. Yvon, *Apprentissage discriminant de modèles neuronaux pour la traduction automatique*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2016. **57** (1): pp.111-135.
4. Doukhan, D., S. Rosset, A. Riilliard, C. d'Alessandro, and M. Adda-Decker, *The GV-LEx corpus of tales in French*. Language Resources and Evaluation, 2015. **49** (3): pp.521-547.
5. Devillers, L., M. Tahon, M.E.A. Sehili, and A. Delaborde, *Inference of Human Beings' Emotional States from Speech in Human-Robot Interactions*. International Journal of Social Robotics, 2015. **7** (4): pp.451-463.
6. Eyben, F., K.R. Scherer, B.W. Schuller, J. Sundberg, E. André, C. Busso, L. Devillers, J. Epps, P. Laukka, S. Narayanan, and K. Truong, *The Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (GeMAPS) for Voice Research and Affective Computing*. IEEE Transactions on Affective Computing (TAC), 2016. **7** (2): pp.190-202.
7. Fort, K., G. Adda, and K.-B. Cohen, *Éthique et traitement automatique des langues et de la parole : entre truismes et tabous*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2016. **57** (2): pp.7-19.
8. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek, *NLP4NLP : the cobbler's children won't go unshod*. D-Lib Magazine, 2015. **12** (11/12): pp.10.
9. Hua, J., E. Filaire, T. Giraud, D.A. Gomez Jauregui, M. Soury, J.-C. Martin, L. Devillers, and C. Le Scannff, *Predicting a Failure of Public Speaking Performance Using Multidimensional Assessment*. Journal of Sports Sciences, 2016. (4): pp.197-209.
10. Mariani, J.-J., P. Paroubek, G. Francopoulo, and O. Hamon, *Rediscovering 15+2 Years of Discoveries in Language Resources and Evaluation*. Language Resources and Evaluation, 2016. **50** (2): pp.165-220.
11. McCarthy, D., M. Apidianaki, and K. Erk, *Word Sense Clustering and Clusterability*. Computational Linguistics, 2016. **42** (2): pp.245-275.
12. Pécheux, N., A. Allauzen, J. Niehues, and F. Yvon, *Reordering Space Design in Statistical Machine Translation*. Language Resources and Evaluation, 2016. **50** (2): pp.375-410.
13. Pécheux, N., G. Wisniewski, and F. Yvon, *Reassessing the value of resources for cross-lingual transfer of POS tagging models*. Language Resources and Evaluation, 2016. **50** (3): pp.1-34.
14. Rehm, G., H. Uszkoreit, S. Ananiadou, N. Bel, A. Bieleveciene, L. Borin, A. Branco, G. Budin, N. Calzolari, W. Daelemans, R. Garabik, M. Grobelnik, C. Garcia-Mateo, J. Genabith, J. Hajivc, I. Hernaez, J. Judge, S. Koeva, S. Krek, C. Krstev, K. Linden, B. Magnini, J.-J. Mariani, J. McNaught, M. Melero, M. Monachini, A. Moreno, J. Odijk, M. Ogrodniczuk, P. Pkezik, S. Piperidis, A. Przepiorkowski, E. Rgnvaldsson, M. Rosner, B.S. Pedersen, ford, I. Skadicna, K. Smedt, M. Tadic, P. Thompson, D. Tufics, T. Varadi, A. Vasicljevs, K. Vider, and J. Zabarskaite, *The Strategic Impact of META-NET on the Regional, National and International Level*. Language Resources and Evaluation, 2016. pp.1-24.
15. Roy, A., H. Bredin, W. Hartmann, V.B. Le, C. Barras, and J.-L. Gauvain, *Lexical speaker identification in TV shows*. Multimedia Tools and Applications, 2015. **74** (4): pp.1377-1396.

16. Segal, N., H. Maynard, and F. Yvon, *Traduire la parole : le cas des TED Talks*. TAL (Traitement Automatique des Langues), 2015. **55** (2): pp.13-45.
17. Xu, Y., A. Max, and F. Yvon, *Sentence Alignment for Literary Texts*. LILT (Linguistic Issues in Language Technology), 2015. **12** (6): pp.1-25.

► Chapitres d'ouvrage

1. Adda, G., V. Barbu Mititelu, J.-J. Mariani, D. Tufics, and I. Vasilescu, *Errors by human and machines in Multimedia, Multimodal and multilingual data processing* 2016: Editura Academiei Romane. 223p.
2. Adda, G., V. Barbu Mititelu, J.-J. Mariani, D. Tufics, and I. Vasilescu, *Foreword*, in *Errors by Humans and Machines in Multimedia, Multimodal and Multilingual Data Processing*, Verginica Barbu Mititelu Joseph Mariani Dan Tufics Ioana Vasilescu Gilles Adda, Editor. 2016, Editura Academiei Romane. pp. 2.
3. Allauzen, A., E. Grefenstette, K.-M. Hermann, H. Larochelle, and S. Wen-tau Yih, *Proceedings of the 3rd Workshop on Continuous Vector Space Models and their Compositionality (CVSC)* 2015. 77p.
4. Boula De Mareüil, P., *Variation et norme : des transferts linguistiques aux transferts technologiques*, in *Les technologies pour les langues régionales de France*, France Délégation générale à la langue française et aux langues de, Editor. 2016. pp. 91-95.
5. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, I. Lehka-Lemarchand, P. Mairano, and J. Lai, *Falling yes/no questions in Corsican French and Corsican: evidence for a prosodic transfer*, in *Prosody and Language in Contact*, E. Delais-Roussarie and et al., Eds. 2015, Springer-Verlag. pp. 101-122.
6. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, and H. Maynard, *Questions à intonation descendante: un exemple d'isolat corse?*, in *Atti del Workshop Lingue delle isole, isole linguistiche*, Retali-Medori Stella, Editor. 2016, Edizioni dell'Orso. pp. 4-19.
7. Calzolari, N., K. Choukri, T. Declerck, S. Goggi, M. Grobelnik, B. Maegaard, J.-J. Mariani, H. Mazo, A. Moreno, J. Odiijk, and S. Piperidis, *Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation* 2016. 4000p.
8. Fort, K., G. Adda, and K.-B. Cohen, *TAL et éthique*. Vol. 57-2. 2016: ATALA. 107p.
9. Kuzmin, E., J.-J. Mariani, and et al., *Yakutsk Declaration on Linguistic and Cultural Diversity*, in *Linguistic and Cultural Diversity in Cyberspace*, Kuzmin Evgeny, Editor. 2015. pp. 394-403.
10. Mariani, J.-J., *How Language Technologies Can Facilitate Multilingualism*, in *Linguistic and Cultural Diversity in Cyberspace*, Kuzmin Evgeny, Editor. 2015. pp. 48-60.
11. Nouvel, D., M. Ehrmann, and S. Rosset, *Les entités nommées pour le traitement automatique des langues* 2015: Iste Editions. 167p.

► Conférences à comité de lecture

1. Adda, G., S. Stüker, M. Adda-Decker, O. Ambourou, L. Besacier, D. Blachon, H. Maynard, P. Godard, F. Hamlaoui, D. Iliatov, G.-N. Kouarata, L. Lamel, E.-M. Makasso, A. Riolland, M. Van de Velde, F. Yvon, and S. Zerbian. *Breaking the Unwritten Language Barrier: The BULB Project*. in *International Workshop on Spoken Languages Technologies for Under-resourced languages*. 2016. Yogyakarta, Indonesia. 8-14.
2. Allauzen, A., L. Aufrant, F. Burlot, E. Knyazeva, O. Lacroix, T. Lavergne, G. Wisniewski, and F. Yvon. *LIMSI@WMT'16: Machine Translation of News*. in *First Conference on Machine Translation (WMT16)*. 2016: QT21. 239-245.
3. Apidianaki, M. *Vector-space Models for PPDB Paraphrase Ranking in Context*. in *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2016. Austin, Texas: Association for Computational Linguistics. 2028-2034.
4. Apidianaki, M. and L. Gong. *LIMSI: Translations as source of indirect supervision for multilingual all-words sense disambiguation and entity linking*. in *International Workshop on Semantic Evaluation*. 2015. Denver, Colorado, USA: ACL. 298-302.
5. Apidianaki, M. and B. Marie. *METEOR-WSD: Improved Sense Matching in MT Evaluation*. in *Syntax, Semantics and Structure in Statistical Translation*. 2015. Denver, Colorado, USA: ACL. 49-51.
6. Apidianaki, M. and B. Marie. *Alignment-based sense selection in METEOR and the RATATOUILLE recipe*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015. Lisbon, Portugal: Association for Computational Linguistics. 385-391.
7. Apidianaki, M., X. Tannier, and C. Richart. *Datasets for Aspect-Based Sentiment Analysis in French*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 5p.
8. Aufrant, L., G. Wisniewski, and F. Yvon. *Cross-lingual and supervised models for morphosyntactic annotation: a comparison on Romanian*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 7p.
9. Aufrant, L., G. Wisniewski, and F. Yvon. *Ne nous arrêtons pas en si bon chemin : améliorations de l'apprentissage global d'analyseurs en dépendances par transition*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 248-261.

10. Aufrant, L., G. Wisniewski, and F. Yvon. *Cross-lingual alignment transfer: a chicken-and-egg story?* in *Workshop on Multilingual and Cross-lingual Methods in NLP*. 2016. 35-44.
11. Bawden, R. *Cross-lingual Pronoun Prediction with Linguistically Informed Features*. in *First Conference on Machine Translation (2016)*. 2016. Berlin, Germany. 564-570.
12. Bawden, R. and B. Crabbé. *Boosting for Efficient Model Selection for Syntactic Parsing*. in *International Conference on Computational Linguistics*. 2016. Osaka, Japan. 1-11.
13. Bawden, R., G. Wisniewski, and H. Maynard. *Investigating gender adaptation for speech translation*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 490-497.
14. Béchade, L., G. Dubuisson Duplessis, M.E.A. Sehili, and L. Devillers. *Behavioral and Emotional Spoken Cues Related to Mental States in Human-Robot Social Interaction*. in *International Conference on Multimodal Interaction*. 2015. Seattle, USA. 347-350.
15. Ben Jannet, M., O. Galibert, M. Adda-Decker, and S. Rosset. *How to evaluate ASR output for Named Entity Recognition?* in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 5p.
16. Ben Jannet, M., O. Galibert, M. Adda-Decker, and S. Rosset. *How to evaluate ASR errors impact on NER?* in *Errors produced and processed by humans and machines in multimedia, multimodal and multilingual data*. 2015. Sinaia, Romania. 6p.
17. Bluche, T., C. Kermorvant, and J. Louradour. *Where to Apply Dropout in Recurrent Neural Networks for Handwriting Recognition?* in *International Conference on Document Analysis and Recognition*. 2015. Gammarth, Tunisie. 5p.
18. Bluche, T., H. Ney, and C. Kermorvant. *The LIMSI Handwriting Recognition System for the HTRtS 2014 Contest*. in *International Conference on Document Analysis and Recognition*. 2015. Gammarth, Tunisie. 5p.
19. Bluche, T., H. Ney, J. Louradour, and C. Kermorvant. *Framewise and CTC Training of Neural Networks for Handwriting Recognition*. in *International Conference on Document Analysis and Recognition*. 2015. Gammarth, Tunisie. 5p.
20. Bouamor, D., L. Campillos, A.-L. Ligozat, S. Rosset, and P. Zweigenbaum. *Transfer-based learning-to-rank assessment of medical term technicality*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: ELRA. 4p.
21. Boula De Mareüil, P., J.-P. Goldman, A. Rilliard, Y. Scherrer, and F. Vernier. *Cartopho : un site web de cartographie de variantes de prononciation en français*. in *Journées d'Études sur la Parole*. 2016. Paris: AFCP. 119-127.
22. Bredin, H., C. Barras, and C. Guinaudeau. *Multimodal Person Discovery in Broadcast TV at MediaEval 2016*. in *MediaEval*. 2016. Hilversum, The Netherlands. 3p.
23. Bruneau, P., M. Stefas, H. Bredin, J. Poignant, T. Tamisier, and C. Barras. *A Visual Analytics Approach to Finding Factors Improving Automatic Speaker Identifications*. in *International Conference on Multimodal Interaction*. 2015. Seattle, USA. 323-326.
24. Bruneau, P., M. Stefas, J. Poignant, H. Bredin, and C. Barras. *Post-Hoc Interactive Analytics of Errors in the Context of a Person Discovery Task*. in *IEEE International Symposium on Multimedia 2016*. 2016. San Jose, CA, USA: IEEE Computer Society. 435-438.
25. Budnik, M., L. Besacier, J. Poignant, H. Bredin, C. Barras, M. Stefas, P. Bruneau, and T. Tamisier. *Collaborative Annotation for Person Identification in TV Shows*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 2607-2608.
26. Burlot, F., E. Knyazeva, T. Lavergne, and F. Yvon. *Two-Step MT: Predicting Target Morphology*. in *International Workshop on Spoken Language Translation*. 2016. Seattle, USA. 8p.
27. Burlot, F., M. Labeau, E. Knyazeva, T. Lavergne, A. Allauzen, and F. Yvon. *LIMSI@IWSLT'16: MT Track*. in *International Workshop on Spoken Language Translation*. 2016. Seattle, USA. 7p.
28. Burlot, F. and F. Yvon. *Morphology-Aware Alignments for Translation to and from a Synthetic Language*. in *International Workshop on Spoken Language Translation*. 2015. Da Nang, Vietnam. 188-195.
29. Burlot, F. and F. Yvon. *Unsupervised learning of morphology in the USSR*. in *Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles*. 2016. Nice, France: Damon Mayaffre, Céline Poudat, Laurent Vanni, Véronique Magri, Peter Follette. 765-774.
30. Campillos, L., D. Bouamor, E. Bilinski, A.-L. Ligozat, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Description of the PatientGenesys Dialogue System*. in *Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue*. 2015. Prague, Czech Republic. 3p.
31. Campillos, L., D. Bouamor, A.-L. Ligozat, E. Bilinski, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Un système de dialogue pour dynamiser un patient virtuel*. in *Colloque sur la gamification et les jeux sérieux en santé*. 2015. Nice, France. 5p.
32. Campillos, L., D. Bouamor, P. Zweigenbaum, and S. Rosset. *Managing Linguistic and Terminological Variation in a Medical Dialogue System*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz,

Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 3167-3173.

33. Charras, F., G. Dubuisson Duplessis, V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Un système automatique de sélection de réponse en domaine ouvert intégrable à un système de dialogue social*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 3p.
34. Charras, F., G. Dubuisson Duplessis, V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Comparing System-response Retrieval Models for Open-domain and Casual Conversational Agent*. in *Second Workshop on Chatbots and Conversational Agent Technologies*. 2016. Los Angeles, USA. 12p.
35. Cherrer, Y., P. Boula De Mareüil, and J.-P. Goldman. *Crowdsourced mapping of pronunciation variants in European French*. in *International Congress of Phonetic Sciences*. 2015. Glasgow. 5p.
36. Cohen, K.-B., K.e. Fort, G. Adda, S. Zhou, and D. Farri. *Ethical Issues in Corpus Linguistics And Annotation: Pay Per Hit Does Not Affect Effective Hourly Rate For Linguistic Resource Development On Amazon Mechanical Turk*. in *ETHics In Corpus Collection, Annotation & Application*. 2016. Portoroz, Slovenia. 5p.
37. de Mazancourt, H., A. Couillault, G. Adda, and G. Recourcé. *Faire du TAL sur des données personnelles : un oxymore ?* in *Ethique et TRaitemeNt Automatique des Langues*. 2015. Caen, France: Association pour le Traitement Automatique des Langues. 6p.
38. Devillers, L. and G. Dubuisson Duplessis. *Toward a Context-based Approach to Assess Engagement in Human-Robot Social Interaction*. in *International Workshop on Spoken Dialogue Systems*. 2016. Saariselkä, Finland. 7p.
39. Devillers, L., S. Rosset, G. Dubuisson Duplessis, M.E.A. Sehili, L. Béchade, A. Delaborde, C. Gossart, V. Letard, F. Yang, Y. Yemez, B. Türker, M.T. Sezgin, K. El Haddad, S. Dupont, D. Luzzati, Y. Estève, E. Gilmartin, and N. Campbell. *Multimodal data collection of human-robot humorous interactions in the Joker project*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China. 348-354.
40. 41. Do, Q.K., A. Allauzen, and F. Yvon. *Apprentissage discriminant des modèles continus de traduction*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 267-278.
41. Do, Q.K., A. Allauzen, and F. Yvon. *A Discriminative Training Procedure for Continuous Translation Models*. in *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2015. Lisbon, Portugal: The Association for Computational Linguistics. 1046-1052.
42. Dubuisson Duplessis, G., L. Béchade, M.E.A. Sehili, A. Delaborde, V. Letard, A.-L. Ligozat, P. Deléglise, Y. Estève, S. Rosset, and L. Devillers. *Nao is doing humour in the CHIST-ERA JOKER project*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresde, Allemagne. 1072-1073.
43. Dubuisson Duplessis, G. and L. Devillers. *Towards the Consideration of Dialogue Activities in Engagement Measures for Human-Robot Social Interaction*. in *International Conference on Intelligent Robots and Systems*. 2015. Hambourg, Allemagne. 19-24.
44. Dubuisson Duplessis, G. and L. Devillers. *Towards Engagement Measures Using Dialogue Activities in Social Interaction*. in *3rd European Symposium on Multimodal Communication*. 2015: Trinity College Dublin. 2p.
45. Dubuisson Duplessis, G., V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Purely Corpus-based Automatic Conversation Authoring*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 8p.
46. Ehrmann, M., D. Nouvel, and S. Rosset. *Named Entity Resources - Overview and Outlook*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 8p.
47. Fraga Da Silva, T., J.-L. Gauvain, L. Lamel, A. Laurent, V.-B. Le, and A. Messaoudi. *Active Learning based data selection for limited resource STT and KWS*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 3159-3163.
48. Fraga Da Silva, T., A. Laurent, J.-L. Gauvain, L. Lamel, V.B. Le, and A. Messaoudi. *Improving data selection for low-resource STT and KWS*. in *IEEE Automatic Speech Recognition and Understanding Workshop*. 2015. Scottsdale, Arizona: IEEE. 153-159.
49. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *NLP4NLP: the cobbler's children won't go unshod*. in *International Workshop on Mining Production scientifique*. 2015. Knoxville, USA. 6p.
50. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *NLP4NLP: Applying NLP to Scientific Corpora about Written and Spoken Language Processing*. in *International Society of Scientometrics and Bibliometrics Conference*. 2015. Istanbul. 7p.
51. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *A Study of Reuse and Plagiarism in LREC papers*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 1890-1897.

52. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Predictive modeling: guessing the NLP terms of tomorrow*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 336-343.
53. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Text Mining for Notability Computation*. in *Cross-Platform Text Mining and Natural Language Processing Interoperability Workshop*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 52-56.
54. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, and P. Paroubek. *Linking Language Resources and NLP Papers*. in *Workshop on Research Results Reproducibility and Resources Citation in Science and Technology of Language*. 2016. Portoroz, Slovénie: ELRA. 24-32.
55. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, P. Paroubek, and F. Vernier. *Providing and Analyzing NLP Terms for our Community*. in *International Workshop on Computational Terminology*. 2016. Osaka, Japon. 94-103.
56. Galibert, O., M.A. Ben Jannet, J. Kahn, and S. Rosset. *Generating Task-Pertinent sorted Error Lists for Speech Recognition*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 7p.
57. Galibert, O., N. Camelin, P. Deléglise, and S. Rosset. *Estimation de la qualité d'un système de reconnaissance de la parole pour une tâche de compréhension*. in *Journées d'Études sur la Parole*. 2016. Paris, France: Rosset, Sophie AND Audibert, Nicolas AND Gravier, Guillaume. 9p.
58. Galibert, O., J. Kahn, and S. Rosset. *Comparaison de listes d'erreurs de transcription automatique de la parole : quelle complémentarité entre les différentes métriques ?* in *Journées d'Études sur la Parole*. 2016. Paris: Rosset, Sophie AND Audibert, Nicolas AND Gravier, Guillaume. 9p.
59. Gauthier, E., D. Blachon, L. Besacier, G.-N. Kouarata, M. Adda-Decker, A. Rialland, G. Adda, and G. Bachman. *LIG-AIKUMA: a Mobile App to Collect Parallel Speech for Under-Resourced Language Studies*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, CA. 2p.
60. Gauvain, J.-L., G. Gelly, L. Lamel, A. Laurent, V.-B. Le, and A. Messaoudi. *LIMSI/Vocapia LRE2015 Systems*. in: *Language Recognition Evaluation Workshop December 8-9, 2015*. 2015: NIST. 1p.
61. Gelly, G. and J.-L. Gauvain. *Minimum Word Error Training of RNN-based Voice Activity Detection*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 2650-2654.
62. Gelly, G., J.-L. Gauvain, L. Lamel, A. Laurent, B. Le Viet, and A. Messaoudi. *Language Recognition for Dialects and Closely Related Languages*. in *Odyssey 2016*. 2016: University of the Basque Country. 8p.
63. Gelly, G., J.-L. Gauvain, B. Le Viet, and A. Messaoudi. *A Divide-and-Conquer Approach for Language Identification Based on Recurrent Neural Networks*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, CA. 3231-3235.
64. Godard, P., G. Adda, M. Adda-Decker, A. Allauzen, L. Besacier, H. Bonneau-Maynard, G.-N. Kouarata, K. Löser, A. Rialland, and F. Yvon. *Preliminary Experiments on Unsupervised Word Discovery in Mboshi*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, CA. 3539-3543.
65. Gorin, A., L. Lamel, J.-L. Gauvain, and T. Fraga Da Silva. *On improving speech recognition and keyword spotting with automatically generated morphological units*. in *Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*. 2015. Poznan Poland. 5 p.
66. Gorin, A., R. Lileikytė, G. Huang, L. Lamel, J.-L. Gauvain, and A. Laurent. *Language Model Data Augmentation for Keyword Spotting*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, CA. 775-779.
67. Grouin, C., V. Moriceau, S. Rosset, and P. Zweigenbaum. *Identification de facteurs de risque pour des patients diabétiques à partir de comptes-rendus cliniques par des approches hybrides*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 12p.
68. Ha, T.-L., Q.K. Do, E. Cho, J. Niehues, A. Allauzen, F. Yvon, and A. Waibel. *The KIT-LIMSI Translation System for WMT 2015*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015: Association for Computational Linguistics. 6p.
69. Huang, G., A. Gorin, J.-L. Gauvain, and L. Lamel. *Machine Translation Based Data Augmentation for Cantonese Keyword Spotting*. in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2016. Shanghai, China. 6020-6024.
70. Ive, J., A. Max, F. Yvon, and P. Ravaud. *Diagnosing High-Quality Statistical Machine Translation Using Traces of Post-Edition Operations*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation -Workshop on Translation Evaluation: From Fragmented Tools and Data Sets to an Integrated Ecosystem*. 2016. Portoroz, Slovenia. 8p.
71. Ive, J. and F. Yvon. *Parallel Sentence Compression*. in *International Conference on Computational Linguistics*. 2016. Osaka, Japon. 11p.
72. Knyazeva, E., G. Wisniewski, H. Bredin, and F. Yvon. *Structured Prediction for Speaker Identification in TV Series*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 195-199.

73. Knyazeva, E., G. Wisniewski, and F. Yvon. *Apprentissage par imitation pour l'étiquetage de séquences : vers une formalisation des méthodes d'étiquetage « easy-first »*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 12p.
74. Kolly, M.-J., A. Leemann, P. Boula De Mareüil, and V. Dellwo. *Speaker-idiosyncrasy in pausing behavior: evidence from a cross-linguistic study*. in *International Congress of Phonetic Sciences*. 2015. Glasgow. 5p.
75. Labeau, M., K. Löser, and A. Allauzen. *Non-lexical neural architecture for fine-grained POS Tagging*. in *Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2015. Lisbon, Portugal: Association for Computational Linguistics. 232-237.
76. Lacroix, O., L. Aufrant, G. Wisniewski, and F. Yvon. *Frustratingly Easy Cross-Lingual Transfer for Transition-Based Dependency Parsing*. in *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. 2016. San Diego, CA, USA: Association for Computational Linguistics. 1058-1063.
77. Lacroix, O., L. Aufrant, G. Wisniewski, and F. Yvon. *Apprentissage d'analyseur en dépendances cross-lingue par projection partielle de dépendances*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 1-14.
78. Lacroix, O., G. Wisniewski, and F. Yvon. *Cross-lingual Dependency Transfer : What Matters? Assessing the Impact of Pre- and Post-processing*. in *Workshop on Multilingual and Cross-lingual Methods in NLP*. 2016. 20-29.
79. Laurent, A., T. Fraga Da Silva, L. Lamel, and J.-L. Gauvain. *Investigating Techniques for Low Resource Conversational Speech Recognition*. in *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*. 2016. Shanghai, Chine: IEEE. 5975-5979.
80. Letard, V., G. Illouz, and S. Rosset. *Évaluation de l'apprentissage incrémental par analogie*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2016. Paris, France. 13p.
81. Letard, V., G. Illouz, and S. Rosset. *Reducing Noise Sensitivity of Formal Analogical Reasoning applied to Language Transfer*. in *Computational Analogy Workshop at ICCBR*. 2016. Atlanta, United-States (GA): Alexandra Coman & Stelios Kapetanakis. 11p.
82. Letard, V., S. Rosset, and G. Illouz. *Analogical Reasoning for Natural to Formal Language Transfer*. in *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2015. Vietri sul Mare, Italy. 8p.
83. Letard, V., S. Rosset, and G. Illouz. *Incremental Learning From Scratch Using Analogical Reasoning*. in *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*. 2016. San Jose, CA, US: Nikolaos Bourbakis, Anna Esposito, Amol Mali, and Miltos Alamaniotis. 8p.
84. Lileikytė, R., A. Gorin, L. Lamel, J.-L. Gauvain, and T. Fraga-Silva. *Lithuanian Broadcast Speech Transcription Using Semi-Supervised Acoustic Model Training*. in *International Workshop on Spoken Languages Technologies for Under-resourced languages*. 2016. Yogyakarta, Indonesia: Elsevier. 107-113.
85. Lileikytė, R., L. Lamel, and J.-L. Gauvain. *Conversational Telephone Speech Recognition for Lithuanian*. in *International Conference on Statistical Language and Speech Processing*. 2015. Budapest, Hungary. 164-172.
86. Mariani, J.-J. *Technologies de la Langue : Etat des Lieux*. in *Colloque Technologies de la Langue pour les Langues Régionales de France*. 2016. Meudon, France: DGLF. 27-39.
87. Mariani, J.-J., G. Francopoulo, and P. Paroubek. *A Study of Reuse and Plagiarism in Speech and Natural Language Processing papers*. in *BIRNDL 2016*. 2016. Newark, USA. 72-83.
88. Mariani, J.-J., P. Paroubek, G. Francopoulo, and Z. Vetulani. *Rediscovering 10 to 20 years of Discoveries in Language and Technology*. in *Language & Technology Conference : Human Language Technologies as a Challenge for Computer Science and Linguistics*. 2015. Poznan, Pologne. 19p.
89. Mariani, J.-J. and S. Sakriani. *Report on the Panel Discussion "The Future of Under-Resourced Languages"*. in *International Workshop on Spoken Languages Technologies for Under-resourced languages*. 2016: SLTU. 8p.
90. Marie, B., A. Allauzen, F. Burlot, Q.K. Do, J. Ive, E. Knyazeva, M. Labeau, T. Lavergne, K. Löser, N. Pécheux, and F. Yvon. *LIMS@WMT15 : Translation Task*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015: Association for Computational Linguistics. 6p.
91. Niehues, J., Q.K. Do, A. Allauzen, and A. Waibel. *ListNet-based MT Rescoring*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015. Lisbon, Portugal: Association for Computational Linguistics. 248-255.
92. Pécheux, N., A. Allauzen, T. Lavergne, G. Wisniewski, and F. Yvon. *Oublier ce qu'on sait, pour mieux apprendre ce qu'on ne sait pas : une étude sur les contraintes de type dans les modèles CRF*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France: ATALA. 12p.
93. Peter, J.-T., T. Alkhouli, H. Ney, M. Huck, F. Braune, A. Fraser, A. Tamchyna, O.v. Bojar, B. Haddow, R. Sennrich, F.e.e. Blain, L. Specia, A. Allauzen, L. Aufrant, F. Burlot, E. Knyazeva, T. Lavergne, and F. Yvon. *The QT21/HimL Combined Machine Translation System*. in *First Conférence on Machine Translation*. 2016: QT21. 344-355.

94. Poignant, J., H. Bredin, C. Barras, M. Stefas, P. Bruneau, and T. Tamisier. *Benchmarking multimedia technologies with the CAMOMILE platform: the case of Multimodal Person Discovery at MediaEval 2015*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 5p.
95. Poignant, J., M. Budnik, H. Bredin, C. Barras, M. Stefas, P. Bruneau, G. Adda, J.-J. Mariani, and S. Rosset. *The CAMOMILE Collaborative Annotation Platform for Multi-modal, Multi-lingual and Multi-media Documents*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia: Nicoletta Calzolari (Conference Chair) and Khalid Choukri and Thierry Declerck and Marko Grobelnik and Bente Maegaard and Joseph Mariani and Asuncion Moreno and Jan Odijk and Stelios Piperidis. 5p.
96. Pontiki, M., D. Galanis, H. Papageorgiou, I. Androutsopoulos, S. Manandhar, M. Al-Smadi, M. Al-Ayyoub, Y. Zhao, B. Qin, O. De Clercq, V. Hoste, M. Apidianaki, and X. Tannier. *SemEval-2016 Task 5: Aspect Based Sentiment Analysis*. in *International Workshop on Semantic Evaluation*. 2016. San Diego, USA. 12p.
97. Povolny, F., P. Matejka, M. Hradis, A. Popková, L. Otrusina, P. Smrz, I. Wood, C. Robin, and L. Lamel. *Multimodal Emotion Recognition for AVEC 2016 Challenge*. in *Audio/Visual Emotion Challenge*. 2016. Amsterdam, NL: ACM. 75--82.
98. Renwick, M.E.L., I. Vasilescu, C. Dutrey, L. Lamel, and B. Vieru. *Marginal contrast among Romanian vowels: evidence from ASR and functional load*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, USA. 2433-2437.
99. Rialland, A., M. Embanga Aborobongui, M. Adda-Decker, and L. Lamel. *Dropping of the Class-Prefix Consonant, Vowel Elision and Automatic Phonological Mining in Embosi (Bantu C 25)*. 2015. Georgetown University: Ruth Kramer, Elizabeth C. Zsiga, and One Tlale Boyer. 221-230.
100. Rosset, S., L. Campillos, D. Bouamor, E. Bilinski, A.-L. Ligozat, and P. Zweigenbaum. *Un patient virtuel dialogant*. in *Conférence sur le Traitement Automatique des Langues Naturelles*. 2015. Caen, France. 2p.
101. Rosset, S., J. Leleu, R. Caillat-Grenier, N. Pierard, P. Rica, J.-C. Granry, T. Lehoussé, S. Pereira, P. Bretier, O. Rosec, E. Bilinski, D. Bouamor, L. Campillos, B. Grau, A.-L. Ligozat, and P. Zweigenbaum. *Patient Genesys : Outil de création de cas cliniques de simulation médicale proposant des cas patients virtuels en 3D*. in *Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle*. 2015. Rennes, France. 2p.
102. Sabouret, N., B. Schuller, L. Paletta, E. Marchi, H. Jones, and A. Ben Youssef. *Intelligent User Interfaces in Digital Games for Empowerment and Inclusion*. in *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. 2015. Iskandar, Malaysia. 8p.
103. Shochi, T., D. Fourer, J.-L. Rouas, M. Guerry, and A. Rilliard. *Perceptual evaluation of spoken japanese attitudes*. in *International Congress of Phonetic Sciences*. 2015. Glasgów, UK. 5p.
104. Stüker, S., G. Adda, M. Adda-Decker, O. Ambouroué, L. Besacier, D. Blachon, H. Maynard, E. Gauthier, P. Godard, F. Hamlaoui, D. Idiatov, G.-N. Kouarata, L. Lamel, E.-M. Makasso, M. Muller, A. Rialland, M. Van de Velde, F. Yvon, and S. Zerbian. *Innovative Technologies for Under-resourced Language Documentation: The BULB Project*. in *Collaboration and Computing for Under-Resourced Languages*. 2016. Portoroz, Slovenia: LREC. 59-66.
105. Tahon, M. and L. Devillers, *Towards a small set of robust acoustic features for emotion recognition*. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 2016. **24** (1): pp.16-28.
106. Thlithi, M., C. Barras, J. Pinquier, and T. Pellegrini. *Singer diarization : application to ethnomusicological recordings*. in *International Workshop on Folk Music Analysis*. 2015. Paris, France. 124-125.
107. Vapnarsky, V., C. Barras, C. Becquey, D. Doukhan, M. Adda-Decker, and L. Lamel. *Analysing rhythm in ritual discourse in Yucatec Maya using automatic speech alignment*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 344-348.
108. Vasilescu, I., C. Dutrey, and L. Lamel. *Large Scale Data Based Linguistic Investigations Using Speech Technology Tools: the Case of Romanian*. in *Conference on Speech Technology and Human-Computer Dialogue*. 2015. Bucarest, Roumanie. 6.
109. Vasilescu, I., M.E.L. Renwick, B. Vieru, and L. Lamel. *On the Phonemic Status of the Romanian Vowels Ǟ [ʌ] and Ǟ [ɤ]*. in *Linguistic Resources and Tools for Processing the Romanian Language*. 2016. Malini, Romania: Maria Mitrofan, Daniela Gifu, Dan Tufiş, Dan Cristea. 205-207.
110. Wisniewski, G., N. Pécheux, and F. Yvon. *Why Predicting Post-Editon is so Hard? Failure Analysis of LIMSI Submission to the APE Shared Task*. in *Workshop on Statistical Machine Translation*. 2015. Lisbon, Portugal: Association for Computational Linguistics. 222-227.
111. Xu, Y. and F. Yvon. *Novel elicitation and annotation schemes for sentential and sub-sentential alignments of bitexts*. in *International Conference on Language Resources and Evaluation*. 2016. Portoroz, Slovenia. 10p.
112. Xu, Y. and F. Yvon. *A 2D CRF Model for Sentence Alignment*. in *9th Workshop on Building and Using Comparable Corpora*. 2016: European Language Resources Association.
113. Yang, F., M.E.A. Sehilli, C. Barras, and L. Devillers. *Smile and laughter detection for elderly people-robot interaction*. in *International Conference on Social Robotics*. 2015. Paris, France. 694-703.

114. Yvon, F., Y. Xu, M. Apidianaki, C. Pillias, and P. Cubaud. *TransRead: Designing a Bilingual Reading Experience with Machine Translation Technologies*. in *Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies*. 2016. San Diego, CA. 27-31.

► Congrès sans actes, workshops

1. Bojar, O.v., R. Chatterjee, C. Federmann, Y. Graham, B. Haddow, M. Huck, A. Jimeno Yepes, P. Koehn, V. Logacheva, C. Monz, M. Negri, A. Nèveol, M. Neves, M. Popel, M. Post, R. Rubino, C. Scarton, L. Specia, M. Turchi, K. Verspoor, and M. Zampieri. *Findings of the 2016 Conference on Machine Translation*. in *First Conference on Machine Translation (2016)*. 2016. Berlin, Allemagne. 131-198.
2. Boula De Mareüil, P., R. Sichel Bazin, N. Quint, and G. Adda. *Norme et variation à l'âge des corpus informatisés pour les langues régionales de France*. in *Usage, Norme et Codification à l'âge des corpus informatisés et de la communication par les nouvelles technologies*. 2015. Paris.
3. Dubuisson Duplessis, G., V. Letard, A.-L. Ligozat, and S. Rosset. *Joker Chatterbot*. in *Computational Analogy Workshop at ICCBR*. 2016. Portoroz, Slovenia. 2p.

AA

Audio et Acoustique

Christophe d'Alessandro

Le groupe Audio & Acoustique aborde le son, dans le domaine audible, en tant que medium pour l'interaction et de la communication. Les sons produits et perçus par l'homme (parole, chant et autres vocalisations expressives, instruments de musique, espaces acoustiques, localisation, etc.) sont étudiés avec des méthodes qui relèvent de l'acoustique, du traitement du signal, de la perception et de la phonétique. Les aspects audio-visuel et gestuel de la production et de la perception sonore sont considérés. Trois grandes lignes correspondent aux trois thèmes de recherche du groupe:

- **Analyse et synthèse audio.** Ce thème a abordé ces deux années surtout la voix chantée, la synthèse, l'analyse, mais aussi l'organologie et les arts numériques;
- **Prosodie expressive.** Ce thème est axé sur la prosodie de la parole, en particulier la production et la perception d'affects, les relations entre la langue et culture, les accents régionaux;
- **Son et espace.** Ce thème porte sur la spatialisation sonore et l'audio 3D, en particulier l'audition spatiale, l'acoustique virtuelle et l'acoustique des salles.

Les activités de recherche ont été soutenues par des contrats sur la synthèse de voix chantée (ANR ChaNTeR, coordinateur LIMSI), la spatialisation sonore binaurale (FUI-BiLi), l'acoustique du théâtre (ANR ECHO), les personnages virtuels (FUI ADN-TR), ainsi que des collaborations bilatérales avec le Canada, le Brésil et le Vietnam, des contrats CIFRE avec des entreprises, des contrats doctoraux avec Paris Sud et l'INRIA, des actions incitatives LIMSI et des projets Art/Science de Paris Saclay.

Thème analyse et synthèse audio

C. d'Alessandro (responsable), N. Delprat, L. Feugère, M. Evrard, Nguyen Thi Thu Trang, O. Perrotin, S. Delalez, J.S. Liénard.

► Synthèse de parole à partir du texte

Deux projets de synthèse à partir du texte (TTS : Text-To-Speech synthesis) ont été menés à terme en 2015. Le premier projet porte sur la synthèse expressive en français, dans le cadre du projet ADN-TR. Le but du projet est de réaliser un « double numérique » d'un personnage donné, c'est-à-dire un système TTS personnalisé capable d'imiter un personnage donné dans les jeux vidéo ou le cinéma. La méthodologie utilisée est la synthèse paramétrique statistique, une méthode d'apprentissage de l'évolution de paramètres de synthèse par modèles de Markov cachés. Pour cela, plusieurs bases de données de parole expressive ont été enregistrées et analysées. La qualité expressive de la synthèse est évaluée et comparée à celle obtenue par un contrôle gestuel direct de la prosodie. Ces travaux ont été menés dans le cadre de la thèse de Marc Evrard « Synthèse de parole expressive à partir du texte: Des phonostyles au contrôle gestuel pour la synthèse paramétrique statistique » soutenue le 30 septembre 2015.

Le second projet en TTS porte sur la langue vietnamienne, en collaboration entre le LIMSI et l'Université de Hanoï. De même, la synthèse paramétrique statistique paramétrique est mise en œuvre, mais avec des bases de données en vietnamien. Une méthode de synthèse de la prosodie spécifique au vietnamien (une langue à tons) est développée. Les tests d'évaluation ont montré que le nouveau système est préféré aux autres systèmes en vietnamien. Les principaux résultats de ce projet portent sur l'interaction entre les tons et les segments et la difficile question du phrasé prosodique en vietnamien. Ces travaux ont été menés dans le cadre de la thèse de Thi Thu Trang, "HMM-based Vietnamese Text-To-Speech: Prosodic Phrasing Modeling, Corpus Design, System Design, and Evaluation", soutenue le 24 septembre 2015.

► Synthèse de voix chantée

Une part importante de notre activité a porté sur la synthèse vocale performative, c'est-à-dire la synthèse vocale en temps réel contrôlée par le geste. Cette nouvelle approche de la synthèse vocale expressive a été développée au LIMSI au cours de ces dernières années dans le cadre du contrat ANR ChaNTeR (Chant Numérique en Temps Réel). Les travaux se sont développés dans deux dimensions principales : la synthèse paramétrique (Cantor Digitalis) et la synthèse par échantillonnage (VocAlive). Cantor Digitalis est un instrument chanteur contrôlé par les doigts et un stylet sur une tablette graphique. En tant qu'instrument de musique, il a été distingué par le premier prix en 2015 de la Margaret Guthman Musical Instrument Competition (Georgia Tech, Atlanta, USA). Un instrument de musique numérique est une forme particulière d'interface humain-machine, et jouer une note est une tâche proche de la visée d'une cible (audio-visuelle) par un geste manuel. Dans ce cadre, des algorithmes de correction automatique de l'intonation ont été étudiés, afin d'aider le musicien à jouer des notes justes, tout en conservant le contrôle continu de l'intonation. Le logiciel Cantor Digitalis a été diffusé auprès de la communauté de la musique électronique, sous forme de logiciel libre. Il a été intégré dans d'autres instruments. Le rôle des différentes modalités (audio, visuel, moteur) dans le jeu de l'instrument a été étudié. La modalité visuelle domine pour ce qui est du contrôle mélodique, la modalité audio jouant un rôle significatif mais secondaire. Ces travaux ont été menés dans le cadre de la thèse d'Olivier Perrotin, « Chanter avec les mains : Interfaces chironomiques pour les instruments de musique numériques », soutenue le 23 septembre 2015.

► Analyse de la voix

Au cours des années précédentes la démarche a été orientée vers la recherche d'indices spectraux caractérisant la "Force de Voix" grandeur physique représentant l'intensité émise par le parleur. Les études, menées sur des bases de données de voyelles françaises étalonnées, ont montré qu'une dizaine au moins de degrés de FDV pouvaient être distingués par le calcul dans l'étendue de la voix conversationnelle (de la voix très faible à la voix très forte, soit une dynamique de l'ordre de 30 dB).

Une approche nouvelle a été mise en œuvre, consistant à mettre en relation la FDV et les paramètres glottiques (RD, AQ et NAQ liés au coefficient ouvert de l'onde de débit glottique) extraits du signal par filtrage inverse, complétés par la fréquence fondamentale F0. Des corrélations ont été mises en évidence, notamment entre FDV et AQ et F0, mais ces relations sont fortement dépendantes de la voyelle et du genre du locuteur. Cette étude a également montré l'importance des stratégies individuelles en matière de variation de la FDV (Figure 1) : chaque locuteur a sa propre manière d'élever ou de baisser sa voix en réglant simultanément F0 et FDV.

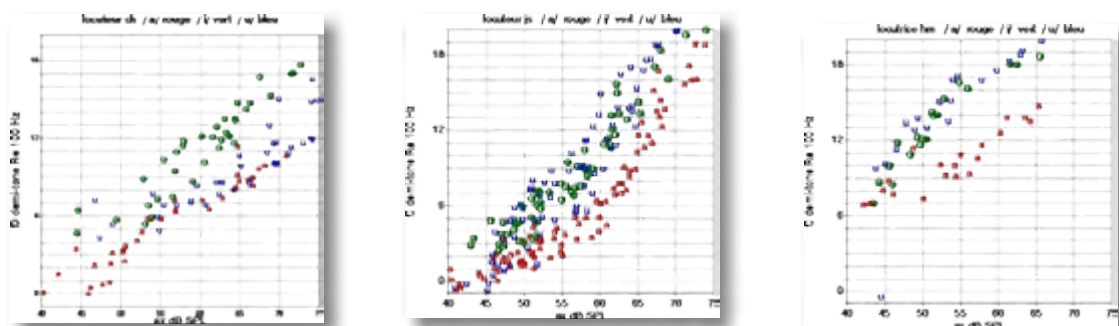


FIGURE 1: F0 et force de voix adoptés par trois locuteurs différents, pour les 3 voyelles /a/, /i/, /u/ émises en séries non contraintes, à force de voix variable

Des méthodes de modification de la force de voix pour la synthèse de voix chantée ont été développées.

Les travaux dans le domaine art-science développés au sein du groupe Audio & Acoustique (sur l'art sonore et la matérialité virtuelle) sont présentés dans la section VIDA de ce rapport.

Thème Prosodie Expressive

A. Rilliard (responsable), C. Émond, Nguyen Thi Thu Trang, M. Evrard, J.S. Liénard

Le thème « prosodie expressive » se concentre sur l'étude de la variation prosodique, dans sa dimension de production (variation des signaux acoustiques et multimodaux), et de perception (discrimination et catégorisation, représentations). Les méthodologies (paradigmes expérimentaux, algorithmes de mesure acoustique) permettant d'étudier différentes

sources de variation dans et hors du laboratoire constituent aussi un sujet d'étude. Un ensemble de paramètres sociolinguistiques sont discutés pour comprendre et décrire cette variation. Les travaux sur la période ont essentiellement porté sur les aspects développés ci-dessous.

► **Expressivité socio-affective interculturelle :**

Une méthodologie d'enregistrement a permis la capture de comportements expressifs comparables entre langues quant à leur but communicatif (dans 5 langues : français, japonais, anglais, allemand, portugais brésilien; le cantonais est en cours d'analyse). Des tests de perception sont menés dans chaque langue en suivant un paradigme de catégorisation libre. Les résultats fournissent des informations détaillées sur les traits sémantiques attribués aux variations expressives. Le lien avec les variations acoustiques montre l'importance des dimensions d'effort vocal et de pitch dans l'organisation de ces catégories cognitives—ce qui supporte les prédictions des codes symboliques proposés dans la littérature (« Frequency code » et « Effort Code »). Les différences d'interprétation permettent aussi de décrire les potentielles sources d'incompréhension interculturelle : prosodie de la question brésilienne prise pour une marque d'évidence en français; variation de la valence perçue des marques d'ironie entre locuteurs américains et japonais, etc.

► **Variation des usages linguistiques :**

Il s'agit d'observer et de décrire la variation des pratiques fonctionnelles de la prosodie au travers des langues : la réalisation de l'accent lexical varie ainsi au travers du continuum dialectal des langues romanes, et peut servir de marqueur de la variation diatopique et diastratique (projet AMPER dans l'état du Pará au Brésil, par exemple); des déplacements d'accent sont aussi observés en Karaja, mais cette fois pour marquer l'enchâssement syntaxique. Décrire la variation des usages permet de comprendre l'importance et les limites de l'outil prosodique dans la communication parlée. Travailler sur des langues non standard et/ou non écrites permet aussi de mettre en avant la dimension d'oralité de la langue, dans la complexité de ses représentations socioculturelles, et souligne l'importance de la performance dans la communication vocale.

► **Mesures en voix pathologique :**

La mesure des variations acoustiques dans la voix expressive a permis de montrer l'importance des paramètres de fréquence fondamentale et d'intensité dans la structuration de l'espace vocalique, et conforte globalement les prédictions des modèles source/filtre traditionnels. Mais lorsque l'appareil phonatoire est sujet à des pathologies, ou s'il produit des variations extrêmes, ces mesures (pour beaucoup basées sur l'estimation de la vibration des plis vocaux) perdent de leur sens et la fiabilité des algorithmes est remise en question. Il s'agit ici de valider des procédures visant à fournir des mesures acoustiques robustes qui permettront d'aider au diagnostic et à la remédiation pour des orthophonistes cliniques. Une collaboration a été initiée sur ce thème avec une équipe de São Paulo (PUC-SP).

Thème Son & Espace

B. Katz (responsable), L. Simon, A. Andreopoulou, P. Stitt, D. Poirier-Quinot, F. Rugeles-Ospina, B. Postma, J. Mathew, D. Thery.

Le thème Son & Espace s'intéresse principalement à la spatialisation sonore et à l'audio 3D, en particulier l'audition spatiale, la réalité virtuelle et augmentée et l'acoustique des salles.

Nos recherches en acoustique des salles et les simulations d'acoustique des salles, grâce aux techniques de réalité virtuelle, ont porté sur la calibration des modèles géométrique-acoustique et la validation des simulations par des expériences perceptives. Dans le cadre du projet ANR-ECHO, un projet interdisciplinaire avec spécialistes de l'histoire du théâtre (SHS, THALIM UMR 7172) et la Bibliothèque Nationale (BNF), nous avons élaboré une approche pour la création et la calibration des reconstructions en RV-acoustique de salles historiques. Testées sur les simulations de 3 salles parisiennes (le théâtre de l'Athénée, la cathédrale Notre-Dame et l'église Saint-Germain-des-Prés), les résultats montrent que les différences perceptives sont négligeables pour les attributs réverbération, balance tonale, coloration, plausibilité, largeur apparente de la source (ASW) et enveloppement latéral (LEV). Il reste des différences subtiles en perception de distance et clarté pour quelques positions. Des études perceptives ont aussi porté sur les seuils de détectabilité et les préférences subjectives des paramètres de réverbération non-linéaire présents dans les systèmes acoustiques avec des volumes couplés, comme la nouvelle salle de concert de la Philharmonie de Paris. Finalement, au cours des campagnes de mesure effectuées dans ces différents lieux pour établir nos modèles numériques, nous avons identifié un nombre de problèmes avec certaines méthodes de mesure et de calcul de paramètres traditionnellement employées en acoustique des salles et pour lesquelles nous avons proposé des améliorations. Ces améliorations visent spécifiquement les cas de mesures de réverbération dans des lieux très grands, car les

variations de température de l'ordre de $<0.01^{\circ}\text{C}$ entre répétitions sont problématiques. Nous avons aussi développé une méthode de mesure du paramètre strength sonore (G), avec une calibration in situ, au contraire des méthodes de calibration classiques qui demandent une chambre anéchoïque ou réverbérante.

Nos activités en audition spatiale et amélioration du rendu audio 3D ont été menées dans le cadre du projet FUI BiLi (Binaural Listening), qui réunit de nombreuses équipes de recherche, des PME et des producteurs dans le domaine du développement et des applications grand public de l'audio 3D sur casque. Ce projet, terminé en juin 2016, a permis la production d'un nombre important de résultats que nous avons publiés dans des journaux ou qui sont en cours de rédaction. En partenariat avec la NASA, nos recherches ont étudié la variance entre un ensemble international de plateformes de mesures des Head-Related Transfer Functions (HRTF) et ont montré un effet non-négligeable de plusieurs éléments du protocole. Nous avons effectué, en collaboration avec DELTA SenseLab, la première étude pour qualifier les différences perceptives, en dehors des erreurs de localisation, sur le choix des HRTF. Après nombre d'expériences avec des panels d'ingénieurs du son, et des sessions d'évaluation, nous avons élaboré une liste d'attributs perceptifs directement affectée par le choix d'une HRTF dans le contexte d'un rendu binaural, des facteurs importants dans la production de contenu binaural et les développements des moteurs de synthèse de son 3D. Ces attributs sont : Coloration, Élévation, Externalisation, Immersion, Position-avant/arrière, Position-latérale, Réalisme et Relief/Profondeur. Afin d'améliorer nos connaissances sur les liens entre la morphologie de l'oreille externe, l'acoustique des HRTF et la qualité perçue des rendus 3D, nous avons été conduits à explorer

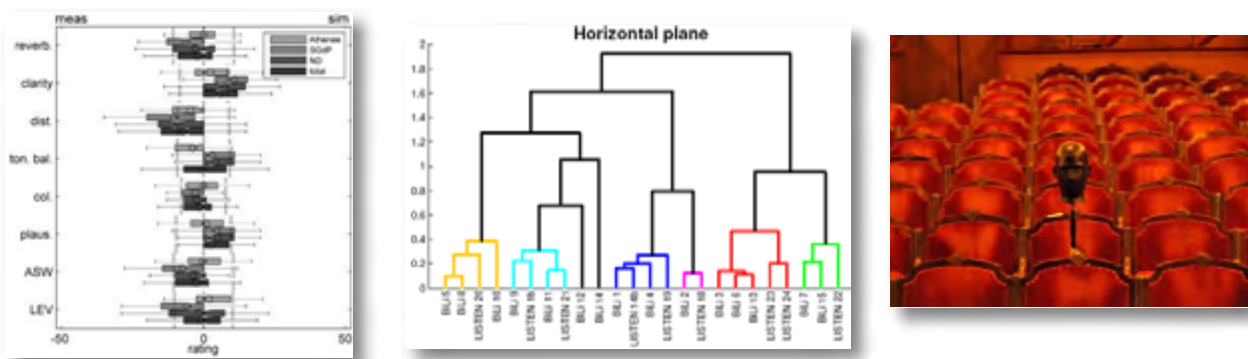


Figure 2 – (gauche) Différences perçues entre rendu basé sur des mesures acoustiques et les simulations calibrées. (centre) Regroupement des HRTF issues de 2 bases de données par critères perceptifs. (droite) Études acoustiques historiques et reconstructions acoustiques virtuelles de salles.

en détail les capacités humaines, en termes de répétabilité et précision, lors des jugements de qualité du son 3D. Ces résultats ont produit des mesures importantes et les consignes de protocole pour de nombreux type de protocoles de test perceptif en audition spatiale. Nos résultats montrent également la capacité de regroupement des HRTF basé sur des évaluations perceptives.

Ces travaux ont donné lieu aux soutenances des thèses de Felipe Rugeles-Ospina (thèse CIFRE avec Orange Labs R&D) et David Poirier-Quinot (thèse CIFRE avec EADS-Astrium/Airbus).

Équipe AA

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée	Départ
d'Alessandro	Christophe	DR1	oui	CNRS	01/10/1989	
Delprat	Nathalie	MC		UPMC	01/01/2008	
Katz	Brian	DR2	oui	CNRS	01/11/2002	31/12/2016
Liénard	Jean-Sylvain	DREM	oui	CNRS	01/10/1972	
Rilliard	Albert	CR1	oui	CNRS	01/01/2007	

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Andreopoulou	Areti	CDD	01/02/2014	31/07/2016
Delalez	Samuel	Doctorant	01/10/2014	
Emond	Caroline	Post-Doc	16/09/2014	30/04/2016
Evrard	Marc	Doctorant	01/01/2012	30/09/2015
Feugère	Lionel	CDD	01/12/2015	30/11/2016
Mathew	Justin	Doctorant	01/10/2014	24/09/2015
Nguyen	Thi Thu Trang	Doctorant	01/09/2010	24/09/2015
Perrotin	Olivier	CDD	01/10/2012	31/12/2016
Poirier-Quinot	David	Doctorant	15/10/2011	18/05/2015
Postma	Barteld	Doctorant	01/01/2014	
Rugeles Ospina	Felipe Enrique	Doctorant	01/11/2012	22/07/2016
Simon	Laurent S. R.	CDD	01/11/2013	31/10/2015
Stitt	Peter	CDD	15/02/2015	30/11/2016
Théry	David	Doctorant	01/11/2016	

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Bourdon	Corentin	23/05/2016	17/06/2016
Demontis	Hugo	07/03/2016	29/07/2016
Kabdal	Vaibhav	15/05/2016	26/08/2016
Massari-Crouzier	Alexandre	02/02/2015	03/03/2015
Meyer	Julie	01/03/2015	31/07/2015
Pages	Guilhem	02/05/2016	26/08/2016
Pepinster	Julius	18/05/2015	26/06/2015

Contrats de recherche et valorisation

AA : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
	ChaNTeR	ANR	CONTINT	O	D'Alessandro Christophe	01/01/2014	31/12/2017	258 005
	ECHO	ANR	CULT	N	Katz Brian	01/01/2014	30/06/2017	174 267
Collaborations de recherche	Stupaphonic Circus	IDEX	La Diagonale	N	Katz Brian	09/07/2014	30/06/2016	20 000
	LIA	CNRS		N	Sciamarella Denisse	01/01/2010	NC	5 850
	BiLi	OSEO	Pôle de compétitivité	N	Katz Brian	01/09/2012	30/09/2016	369 083
Licences d'utilisation de ressources	LES	Imperial College		O	Katz Brian	27/08/2015	26/05/2016	0

AA : Contrats industriels, contrats sur financement privé...								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Date de début	Date de fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche		3D Sound Labs SAS		O	Katz Brian	11/08/2014	10/02/2016	12 000
Encadrement de thèse		Orange		O	Katz Brian	02/11/2012	01/11/2015	30 608
		ASTRIUM	CIFRE	Katz Brian	Katz Brian	02/02/2012	31/01/2015	39 600

AA : Brevets, Dépôts APP, licences...						
Valorisation	Brevet	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date	Commentaire	
		Method for selecting perceptually optimal HRTF filters in a database according to morphological parameters	Katz Brian	Arkamys	Apr-10	extension internationale
	Dépôt APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date		
		Limsi spatialisation engine (L S E)	Katz Brian	E. Rio Emmanuel, Picinali Lorenzo	Jul-10	
	Licence	Responsable LIMSI	Licencié	Date		
		Licence for the corpus «semantically unpredictable sentences for reception threshold measurement in french»	Katz Brian	ENTPE (Ecole des travaux publics de l'Etat)	Dec-10	

Production scientifique AA 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Evrard, M., *Synthèse de parole expressive à partir du texte : Des phonostyles au contrôle gestuel pour la synthèse paramétrique statistique* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 30 Sept. 2015, 211 p.
2. Nguyen, T.T.T., *HMM-based Vietnamese Text-To-Speech: Prosodic Phrasing Modeling, Corpus Design System Design, and Evaluation* 2015, thèse de l'Université Paris Sud. Soutenue à Orsay, France, le 25 septembre 2015, 284 p.
3. Perrotin, O., *Chanter avec les mains : Interfaces chironomiques pour les instruments de musique numériques* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 23 Sept. 2015, 243 p.
4. Poirier-Quinot, D., *Design of a radio direction finder for search and rescue operations: estimation, sonification, and virtual prototyping* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 18 Mai 2015, 208 p.
5. Rugeles Ospina, F.E., *Individualisation de l'écoute binaurale : création et transformation des indices spectraux et des morphologies des individus* 2016, thèse de l'UPMC. Soutenue à Orsay, le 22 Juillet 2016, 219 p.

► Revues à comité de lecture

1. Ammi, M. and B. Katz, *Intermodal audio-haptic intermodal display: improvement of communication and interpersonal awareness for collaborative search tasks*. *Virtual Reality*, 2015. **19** (3-4): pp.235-252.
2. Andreopoulou, A., D. Begault, and B. Katz, *Inter-laboratory round robin HRTF measurement comparison*. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 2015. **9** (5): pp.895-906.
3. Andreopoulou, A. and B. Katz, *Subjective HRTF evaluations for obtaining global similarity metrics of assessors and assessees*. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 2016. **10** (3): pp.259-271.
4. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, F. Ivent, and V. Kozhevina, *A comparative prosodic study of questions in French in contact with Occitan and Catalan*. *Journal of Speech Sciences*, 2015. **4** (2): pp.59-72.
5. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, F. Ivent, and V. Kozhevina, *Une étude prosodique comparative des questions en français en contact avec l'occitan et le catalan*. *Langages*, 2016. **202**: pp.75-91.
6. Cruz, R. and A. Rilliard, *The role of duration and intensity factors in the characterization of modal intonation in Brazilian Portuguese spoken in the North of Brazil*. *CHIMERA: Romance Corpora and Linguistic Studies*, 2016. **3** (2): pp.345-358.
7. Doukhan, D., S. Rosset, A. Rilliard, C. d'Alessandro, and M. Adda-Decker, *The GV-LEx corpus of tales in French*. *Language Resources and Evaluation*, 2015. **49** (3): pp.521-547.
8. Feugere, L. and C. d'Alessandro, *Contrôle gestuel de la voix de synthèse : instruments Cantor Digitalis et Digitartic*. *Traitement du Signal*, 2015. **32** (4): pp.417-442.
9. Gonzaga Nunes, V., A. Rilliard, and I.C. Seara, *Pistas prosódicas do falar catarinense: um estudo sobre interrogativas totais neutras*. *Revista Linguagem & Ensino*, 2015. **18** (2): pp.251-274.
10. Katz, B., *In-situ calibration of the sound strength parameter G*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2015. **138** (2): pp.EL167-173.
11. Katz, B. and G. Marentakis, *Advances in auditory display research*. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 2016. **10** (3): pp.191-193.
12. Luizard, P., B. Katz, and C. Guastavino, *Perceptual thresholds for realistic double-slope decay reverberation in large coupled spaces*. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2015. **137** (75): pp.75-84.
13. Luizard, P., B. Katz, and C. Guastavino, *Perceived suitability of reverberation in large coupled volume concert halls*. *Psychomusicology: Music, Mind and Brain*, 2015. **25** (SI: Performance Spaces for Music: Psychological and Acoustic Measures and Interactions): pp.317-325.
14. Perrotin, O. and C. d'Alessandro, *Target Acquisition vs. Expressive Motion: Dynamic Pitch Warping for Intonation Correction*. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 2016. **23** (3): pp.21.
15. Perrotin, O. and C. d'Alessandro, *Seeing, Listening, Drawing: Interferences between Sensorimotor Modalities in the Use of a Tablet Musical Interface*. *ACM Transactions on Applied Perception*, 2016. **14** (2): pp.19.
16. Poirier-Quinot, D., G. Parsehian, and B. Katz, *Comparative study on the effect of Parameter Mapping Sonification on perceived instabilities, efficiency, and accuracy in real-time interactive exploration of noisy data streams*. *Displays*, 2016. pp.10.
17. Postma, B. and B. Katz, *Creation and calibration method of virtual acoustic models for historic auralizations*. *Virtual Reality*, 2015. **19** (3): pp.161-180.

18. Postma, B. and B. Katz, *Correction method for averaging slowly time-variant room impulse response measurements*. Journal of the Acoustical Society of America, 2016. **140**: pp.EL38-43.
19. Postma, B. and B. Katz, *Perceptive and objective evaluation of calibrated room acoustic simulation auralizations*. Journal of the Acoustical Society of America, 2016. **140** (6): pp.4326-4337.
20. Simon, L.S.R., A. Andreopoulou, and B. Katz, *Investigation of perceptual interaural time difference evaluation protocols in a binaural context*. Acta Acustica united with Acustica, 2016. **102** (1): pp.129-140.
21. Simon, L.S.R., N. Zacharov, and B. Katz, *Perceptual attributes for the comparison of head-related transfer functions*. Journal of the Acoustical Society of America, 2016. **140**: pp.3623-3632.

► Chapitres d'ouvrage

1. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, I. Lehka-Lemarchand, P. Mairano, and J. Lai, *Falling yes/no questions in Corsican French and Corsican: evidence for a prosodic transfer*, in *Prosody and Language in Contact*, E. Delais-Roussarie and et al., Eds. 2015, Springer-Verlag. pp. 101-122.
2. Boula De Mareüil, P., A. Rilliard, and H. Maynard, *Questions à intonation descendante: un exemple d'isolat corse ?*, in *Atti del Workshop Lingue delle isole, isole linguistiche*, Retali-Medori Stella, Editor. 2016, Edizioni dell'Orso. pp. 4-19.
3. de Moraes, J.A. and A. Rilliard, *Prosody and emotion in Brazilian Portuguese*, in *Intonational Grammar in Ibero-Romance. Approaches across linguistic subfields.*, Nicholas Henriksen Meghan E. Armstrong and Vanrell Maria del Mar, Eds. 2016, John Benjamins Publishing Company. pp. 135-152.
4. Delprat, N., C. Jacquemin, and C. d'Alessandro, *Recherches arts-sciences au LIMSI-CNRS: conversation à trois voix*, in *Images interactives: art contemporain, recherche et création numérique*, J. P. Fourmentraux, Editor. 2016, Collection Essais, Editions de la lettre volée. pp. 171-195.

► Conférences à comité de lecture

1. Andreopoulou, A. and B. Katz. *On the use of subjective HRTF evaluations for creating global perceptual similarity metrics of assessors and assessees*. in *International Conference on Auditory Display*. 2015. Graz, Austria. 13-20.
2. Andreopoulou, A. and B. Katz. *Investigation on subjective HRTF rating repeatability*. in *Convention of the Audio Engineering Society*. 2016. Paris. 9597:1-10.
3. Boula De Mareüil, P., J.-P. Goldman, A. Rilliard, Y. Scherrer, and F. Vernier. *Cartopho : un site web de cartographie de variantes de prononciation en français*. in *Journées d'Études sur la Parole*. 2016. Paris: AFCP. 119-127.
4. d'Alessandro, C. *Le paradoxe du clavicorde*. in *Congrès Français d'Acoustique*. 2016. Le Mans: Société Française d'Acoustique. 2263-2269.
5. d'Alessandro, C. *A tutorial on singing synthesis*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, USA. 4p.
6. Delprat, N. *Imagination matérielle et images virtuelles : la rêverie augmentée de l'être nuageux*. in *Bachelard 2012: le Surrationalisme 50 ans après*. 2015. Paris. 18.
7. Emond, C., A. Rilliard, and J. Trouvain. *Perception of smiling in different modalities by native vs. non-native speakers*. in *International Conference on Speech Prosody*. 2016. Boston, USA: ISCA. 639-643.
8. Evrard, M., S. Delalez, C. d'Alessandro, and A. Rilliard. *Comparison of chironomic stylization versus statistical modeling of prosody for expressive speech synthesis*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresde, Allemagne: Wolfgang Hess, Bonn, Germany. 5.
9. Evrard, M., A. Rilliard, and C. d'Alessandro. *Evaluation of the Impact of Corpus Phonetic Alignment on the HMM-Based Speech Synthesis Quality*. in *International Conference on Statistical Language and Speech Processing*. 2015. Budapest, Hongrie: Springer International Publishing. 62-72.
10. Feugere, L., C. d'Alessandro, S. Delalez, L. Ardaillon, and A. Roebel. *Evaluation of singing synthesis: methodology and case study with concatenative and performative systems*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, USA. 5p.
11. Fourer, D., T. Shochi, J.-L. Rouas, and A. Rilliard. *Perception of prosodic transformation for Japanese social affects*. in *International Conference on Speech Prosody*. 2016. Boston, USA: ISCA. 989-993.
12. Guerry, M., A. Rilliard, D. Erickson, and T. Shochi. *Perception of prosodic social affects in Japanese: A free-labeling study*. in *International Conference on Speech Prosody*. 2016. Boston, USA: ISCA. 811-815.
13. Guerry, M., T. Shochi, A. Rilliard, and D. Erickson. *Perception of prosodic social affects in french: a free-labeling study*. in *International Congress of Phonetic Sciences*. 2015. Glasgow, UK. 4p.

14. Hönemann, A., H. Mixdorff, and A. Rilliard. *Classification of Auditory-Visual Attitudes in German*. in *The 1st Joint Conference on Facial Analysis, Animation, and Auditory-Visual Speech Processing*. 2015. Vienna, Austria: ISCA. 202-207.
15. Jurkiewicz, Y., E. Kahle, and B. Katz. *Stavanger Concert Hall, acoustic design and measurement results*. in *International Conference on Auditorium Acoustics*. 2015. Paris. 300-307.
16. Katz, B., D. Felinto, D. Touraine, D. Poirier-Quinot, and P. Bourdot. *BlenderVR: Open-source framework for interactive and immersive VR*. in *IEEE Virtual Reality*. 2015. Arles, France. 203-204.
17. Katz, B., Y. Jurkiewicz, T. Wulfrank, G. Parsehian, T. Scélo, and H. Marshall. *La Philharmonie de Paris - Acoustic scale model study*. in *International Conference on Auditorium Acoustics*. 2015. Paris. 431-438.
18. Mixdorff, H., A. Hönemann, and A. Rilliard. *Acoustic-Prosodic Analysis of Attitudinal Expressions in German*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden: ISCA. 1294-1298.
19. Perrotin, O. and C. d'Alessandro. *Quel ajustement de hauteur mélodique pour les instruments de musique numériques ?* in *Journées d'Informatique Musicale*. 2015. Montréal, Canada. 8.
20. Perrotin, O. and C. d'Alessandro. *Vocal effort modification for singing synthesis*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2016. San Francisco, CA, USA. 1235-1239.
21. Postma, B. and B. Katz. *Dynamic voice directivity in room acoustic auralizations*. in *German Annual Conference on Acoustics*. 2016. Aachen, Allemagne. 352-355.
22. Postma, B. and B. Katz. *Acoustics of Notre-Dame Cathedral de Paris*. in *International Congress on Acoustics*. 2016. Buenos Aires. 0269:1-10.
23. Postma, B., D. Poirier-Quinot, J. Meyer, and B. Katz. *Virtual reality performance auralization in a calibrated model of Notre-Dame Cathedral*. in *EuroRegio*. 2016. Porto. 6:1-10.
24. Postma, B., A. Tallon, and B. Katz. *Calibrated auralization simulation of the abbey of Saint-Germain-des-Prés for historical study*. in *International Conference on Auditorium Acoustics*. 2015. Paris. 190-197.
25. Rugeles Ospina, F.E., M. Emerit, and B. Katz. *The 3D morphological database for spatial hearing research of the BiLi project*. in *Meeting of Acoustical Society of America*. 2015. Pittsburg, USA. 1-17.
26. Shochi, T., A. Brousse, M. Guerry, D. Erickson, and A. Rilliard. *Learning effect of social affective prosody in Japanese by French learners*. in *International Conference on Speech Prosody*. 2016. Boston, USA: ISCA. 970-973.
27. Shochi, T., D. Fourer, J.-L. Rouas, M. Guerry, and A. Rilliard. *Perceptual evaluation of spoken Japanese attitudes*. in *International Congress of Phonetic Sciences*. 2015. Glasgow, UK. 5p.
28. Stitt, P., E. Hendrickx, J.-C. Messonnier, and B. Katz. *The influence of head tracking latency on binaural rendering in simple and complex sound scenes*. in *Convention of the Audio Engineering Society*. 2016. Paris. 9591:1-8.
29. Vapnarsky, V., C. Barras, C. Becquey, D. Doukhan, M. Adda-Decker, and L. Lamel. *Analysing rhythm in ritual discourse in Yucatec Maya using automatic speech alignment*. in *Annual Conference of the International Speech Communication Association*. 2015. Dresden, Germany. 344-348.

► **Congrès sans actes, workshops**

1. d'Alessandro, C. *Le toucher du clavicorde*. in *Les rencontres de la tour de guet: Le renouveau de l'instrument La Beudelle*. 2015. Voutezac.
2. d'Alessandro, C. *Emergence de la vocalité : la glossolalie et le musical*. in *colloque L'émergence en musique : dialogue des sciences*. 2016. Université de Versailles Saint Quentin, France.
3. Poirier-Quinot, D., B. Postma, and B. Katz. *Augmented auralization : Complimenting auralizations with immersive virtual reality technologies*. in *Intl. Sym on Music and Room Acoustics*. 2016. La Plata, Argentina. 14:1-10.

AMI

Architectures et Modèles pour l'Interaction

Yacine BELLIK

L'usage des systèmes interactifs a connu ces dernières années des évolutions notables, en raison de l'apparition de nouvelles plateformes matérielles et logicielles, de l'adoption des outils numériques par des catégories de plus en plus larges de la population et de l'émergence de nouveaux environnements et contextes d'utilisation. Les situations d'interaction qui étaient par le passé statiques et figées sont devenues ouvertes et dynamiques. Aujourd'hui, les utilisateurs ont besoin d'interagir avec leurs systèmes numériques partout, à tout moment, et en exploitant tous les moyens à leur portée. Ils n'ont généralement qu'une connaissance limitée du fonctionnement interne de leurs ordinateurs, tout en exigeant que ces derniers soient capables d'apprendre et d'anticiper leurs besoins en constante évolution. C'est pourquoi le groupe AMI se focalise sur les paradigmes d'interaction post-WIMP et sur l'exploitation de modalités non conventionnelles.

Le groupe AMI est composé de chercheurs et enseignants-chercheurs spécialisés dans différents modes d'interaction tels que la vision, l'interaction tactile et haptique ainsi que dans les interfaces multimodales qui combinent différentes modalités pour parvenir à une interaction plus « naturelle ». En raison de ce large éventail de compétences, le groupe AMI coopère largement, tant au niveau interne avec d'autres équipes des deux départements du laboratoire qu'à l'extérieur, avec des partenaires industriels et académiques, aussi bien au niveau national qu'international. Les activités du groupe s'articulent principalement autour des questions suivantes :

Image : ces activités traitent du traitement d'image appliqué à différents domaines tels que la réalité augmentée vidéo-projetée (en utilisant de nouvelles approches pour l'adaptation géométrique et colorimétrique des projections), l'analyse d'activité (en développant de nouveaux algorithmes) et l'aide au diagnostic (en exploitant des techniques d'apprentissage à base de réseaux profonds).

Handicap et multimodalité : Il s'agit ici d'exploiter la richesse des interactions multimodales pour compenser autant que possible la déficience d'un ou plusieurs canaux sensoriels et/ou moteurs. Plusieurs types de handicaps sont abordés, allant du handicap visuel au handicap moteur en passant par l'autisme.

Objets connectés : Ces activités concernent l'utilisation des objets connectés pour les services à la personne, en particulier pour la santé comme par exemple le suivi et la rééducation post-AVC à domicile. Il s'agit également de repenser les procédés de conception et fabrication de la mécanique des objets connectés, afin de les rendre compatibles avec les contraintes d'une utilisation quotidienne, et d'étudier la manière dont l'utilisation des objets connectés peut aider à la reconnaissance de l'activité des usagers.

Visualisation d'information : Ces activités visent à appliquer des techniques de visualisation propres ainsi que celles existantes à des jeux de données réalistes (tels que le jeu de données des articles scientifiques de la communauté « reconnaissance de la parole » ou des données issues du journalisme), afin de les évaluer, les améliorer et même en inventer de nouvelles. Cette approche permet de mettre en évidence l'importance du débruitage afin de produire des visualisations plus lisibles.

Haptique : Il s'agit ici d'étudier l'apport des modalités haptiques et tangibles pour améliorer la perception de certains phénomènes, notamment physiques, et pour la visualisation de données en exploitant l'interaction à 6 DdL. Des études portant sur les capacités humaines pour la communication des émotions à travers le canal haptique y sont également menées.

Image

Ces travaux s'articulent autour de l'utilisation des techniques de traitement d'image pour la réalité augmentée d'une part, et pour l'assistance aux professionnels d'autre part (aide à la conception, à la communication, au diagnostic). Par ailleurs, ces différentes thématiques se rejoignent au sein de l'action transverse VIDA.

► Réalité virtuelle, vidéo-projection, lumière structurée

Dans le cadre des travaux autour des systèmes projecteur-caméra (ProCams) et les projections intelligentes, la thèse d'Aleksandr Setkov (soutenue le 27/11/2015) et celle de Panagiotis-Alexandros Bokaris (soutenue le 25/11/2016) se sont focalisées respectivement sur l'adaptation géométrique et l'adaptation colorimétrique des projections. A. Setkov a proposé une approche d'appariement (entre image initiale et image projetée) non-intrusive (contrairement aux approches par lumière structurée), qui utilise des points d'intérêt extraits de l'image et estime les transformations homographiques d'un ensemble de surfaces planes. Couplée à une méthode de flot optique et portée sur GPU (programmation CUDA pour processeurs graphiques), sa précision et sa rapidité ont été accrues. Une base de données d'images et de vidéos de vidéo-projections a été mise en place¹. P-A Bokaris a quant à lui proposé une nouvelle approche de correction couleur qui estime la réflectance spectrale de la surface afin de la compenser. Elle suppose que les réponses du projecteur sont connues ou mesurées précédemment, mais ne nécessite pour cela qu'une seule image. Cette méthode a été entièrement implémentée en GPU. Une nouvelle technique de calibrage a été développée entre un capteur de profondeur et un ProCam afin de réaliser la compensation sur un objet en mouvement. Le potentiel artistique des techniques de réalité augmentée proposées a été exploré à travers l'installation interactive artistique Gardien du Temple montrée lors du festival art-sciences CURIOSITAS 2015 (voir thème VIDA). Enfin, les approches de réalité augmentée par lumière structurée ont été exploitées dans une collaboration avec le groupe AERO (département MECA) pour la profilométrie de surfaces fluides en mouvement et pour le montage du projet ANR ETAE qui a débuté en 2016.

► Analyse d'activités dans les vidéos et analyse de la langue des Signes

Le projet Digiteo MAPOCA (collaboration avec A. Manzanera, ENSTA Paritech), a permis le recrutement de Fabio Martinez et la mise en place de nouveaux algorithmes d'analyse de vidéos pour la reconnaissance d'activités humaines et la reconnaissance des langues de signes. L'originalité de nos travaux se situe au niveau des caractéristiques visuelles (les informations cinématiques d'un faisceau de trajectoires), des descripteurs (fondés sur des matrices de covariance) et du processus de reconnaissance qui peut se faire à la volée. Ces travaux ont permis de démarrer une collaboration avec l'équipe M&TALS) par l'obtention d'une AI en 2016 et le stage de M2 de Kenza Benseghir.

► Développement de nouveaux algorithmes génériques de traitement d'image

Depuis octobre 2015, la thèse de Tan Khoa Mai co-dirigée par Samia Bouchafa (IBISC, UEVE) et Michèle Gouiffès, propose une stratégie opportuniste d'analyse de scènes qui s'adapte à des contextes variables (environnement extérieur/intérieur, niveau de luminosité...). Les travaux ont commencé par la sélection automatique des primitives couleur en fonction de leur pertinence (saturation de l'image), puis par une méthode de flot optique qui inclut un mécanisme de propagation des valeurs de mouvement les plus fiables.

► Classification automatique de cristaux.

Ce projet fait l'objet d'une collaboration avec Dominique Bazin (CNRS-LPS) et vise à proposer un outil d'aide au diagnostic au clinicien. Lors de certains diagnostics, on utilise une analyse des cristaux urinaires afin de dépister précocement certaines pathologies; malheureusement, ces pathologies rares sont difficiles à dépister et de faux négatifs peuvent s'avérer catastrophiques. L'approche choisie vise à utiliser des techniques d'apprentissage, plus particulièrement les réseaux profonds, afin de classer automatiquement les images de microscopie pour mettre en évidence les cristaux rares mais marqueurs de pathologies. Ces travaux ont fait l'objet d'une étude préliminaire lors du stage de M2 de Jie GAO (2015) et d'une étude complémentaire lors des TER de M1 de Aurélien Mascaro et Pierre Nexer (2016); ces deux études ont montré des résultats encourageants.

¹ <https://dacimpro.limsi.fr/>

Handicap et multimodalité

Plusieurs actions en relation avec le handicap ont été initiées depuis 2015. Celles-ci couvrent plusieurs types de handicaps : moteur, visuel, autisme, et polyhandicap.

► Fauteuil roulant électrique multimodal et augmenté



Ce projet mené en collaboration avec le laboratoire Aimé Cotton (LAC) vise à concevoir, mettre en œuvre et évaluer un fauteuil roulant électrique augmenté pour des personnes polyhandicapées souffrant de handicaps moteurs associés éventuellement à des handicaps cognitifs et/ou visuels. Il s'agit d'augmenter le fauteuil d'un dispositif d'assistance par imagerie optique active afin de sécuriser les déplacements des personnes (thèse de C. Favey démarrée à la rentrée 2015) et de le doter d'une interface multimodale adaptable en fonction des capacités sensori-motrices et cognitives de la personne polyhandicapée (thèse de Y. Guedira démarrée à la rentrée 2016). Une combinaison de télémètres lasers à triangulation et de caméras à temps de vol permettra de détecter les passages étroits (couloirs, seuils

de portes...) et les trajectoires dangereuses (escaliers, descente de trottoirs, obstacles...). Une interface multimodale offrant diverses modalités d'interaction en entrée/sortie (joystick, tablette tactile, contacteurs, commande occipitale, vibreurs, reconnaissance et synthèse vocale, ...) permettra d'offrir un large panel de possibilités d'interaction afin de faciliter le contrôle du fauteuil, d'alerter et de prévenir les situations dangereuses et de s'adapter de la meilleure manière possible aux capacités d'interaction de la personne polyhandicapée.

► Accès multimodal spatialisé à l'information pour les non-voyants



Ce projet mené en collaboration avec le groupe CPU (C. Clavel) vise à explorer une nouvelle méthode pour l'accès aux documents par les non-voyants permettant de préserver la structure spatiale des informations. Cette méthode repose sur la définition de trois niveaux d'accès à l'information : 1- le niveau spatial qui permet à l'utilisateur de percevoir la structure spatiale globale des informations sans être gêné par les détails; 2- le niveau typologique qui permet d'avoir accès au type d'information explorée par le doigt (image, tableau, menu, ...); 3- le niveau substantiel qui permet d'obtenir le contenu détaillé de l'élément exploré. Différentes modalités (affichage graphique tactile dynamique, braille, synthèse vocale) et dispositifs (matrice tactile,

souris braille, terminal braille,...) permettant l'accès à ces trois niveaux seront explorées et comparées. Une première étude visant à déterminer le rendu des formes géométriques à utiliser pour le niveau spatial a été menée auprès de 40 utilisateurs voyants (yeux bandés) et a permis de montrer que l'utilisation de rectangles creux pour mettre en évidence les différentes zones clés d'un document était la meilleure solution. La même étude est actuellement menée auprès d'utilisateurs non-voyants en collaboration avec des organismes d'accueil pour non-voyants (INJA, AVH).

► Autisme

Les troubles du développement cérébral qui caractérisent le spectre autistique connaissent une progression sans précédent dans les pays industrialisés. Une étude bibliographique pluridisciplinaire de l'autisme portant sur l'Apprentissage, l'Architecture du sommeil et l'Epigénétique a été associée à des expérimentations informatiques à base de Réseaux à Propagation Guidée. Ceci nous a permis de mettre en valeur une molécule dont la prise quotidienne a restitué les cycles du sommeil, puis la mobilité visuelle chez un enfant autiste profond, abandonnant progressivement ses comportements répétitifs au profit de capacités croissantes de communication avec son entourage. Menée pendant deux ans, cette étude montre notamment que l'autisme peut trouver son origine dans des perturbations environnementales du système de programmation génétique, transmissibles sur quelques générations, sans mutation irréversible de gènes. Jusqu'à présent inexpliquées, certaines caractéristiques de l'autisme sont interprétables dans ce cadre, à savoir : la prédominance masculine (4 fois plus d'hommes que de femmes), l'apparition tardive des symptômes après la naissance (phénomène dit de "régression"), ainsi que la taille significativement plus élevée du cerveau. Une étude clinique du modificateur de terrain autistique proposé devrait être menée, bénéficiant des marqueurs biologiques mis en valeur par la théorie sous-jacente et sa première application médicale.

Objets connectés

Ces activités concernent l'utilisation des objets connectés pour les services à la personne, en particulier pour la santé. Des problématiques fondamentales, technologiques et applicatives y sont abordées.

Sur un plan fondamental, une collaboration avec Mayo Clinic (USA) et l'IPAL (Singapour) sur l'utilisation des objets connectés usuels (montre connectée, smartphone, etc.) pour la reconnaissance de l'activité des usagers dans la vie quotidienne a été mise en place. Afin de proposer des approches robustes et précises, différentes problématiques sont traitées, telles que l'analyse de l'activité dans des environnements non-contrôlés, la reconfigurabilité des capteurs, la transition dynamique de la position des capteurs, etc. Différentes solutions de prétraitement des données (DCT, compression des données, etc.) et d'apprentissage (fusion de données, approches incrémentales, apprentissage par renforcement, etc.) sont explorées.



Sur un plan technologique, il s'agit de repenser les procédés de conception et fabrication de la mécatronique des objets connectés, et en particulier les capteurs qui jouent un rôle clé dans ce type d'applications. En effet, les procédés mécatroniques classiques ne sont pas compatibles avec les contraintes et nouveaux usages des objets connectés (lavage à l'eau, coût, consommation électrique, etc.). Un projet de maturation, en collaboration avec l'Institut Jean Lamour, sur un nouveau procédé d'impression 3D de composants mécatroniques, est en cours. Il s'agit d'utiliser les imprimantes 3D et des polymères fonctionnels (conducteur, piézoresistif, piézoélectrique, etc.) pour imprimer en quelques minutes des composants électroniques fonctionnels : des composants (résistance, capacité), des capteurs (flexion, force, etc.), et des structures mécatroniques complexes (par ex. : capteur intégré à une articulation mécanique). Un intérêt particulier est porté à l'intégration de capteurs dans les vêtements. En collaboration avec une équipe de l'INRIA Grenoble-Rhône-Alpes, un procédé de tissage de capteurs à partir de fils fonctionnels a été proposé. Cette approche permet de concevoir des capteurs intégrés directement dans le tissage du vêtement et compatibles avec l'usage quotidien des textiles (ex. lavage, activité sportive). Ces recherches ont permis dernièrement de concevoir un pull connecté permettant de suivre l'activité motrice de patients.

Sur le plan applicatif, différents types de services à la personne peuvent être envisagés grâce à l'utilisation des objets connectés. Par exemple, une action est menée en collaboration avec l'Institut du Cerveau et de la Moelle Épineuse et le CEA-LIST pour le suivi et la rééducation post-AVC à domicile. Un verre connecté doté d'une série de capteurs (orientation, pression, niveau d'eau) permettant le suivi de l'activité motrice de la main des patients a ainsi été développé. Ce verre connecté est couplé à un module de traitement des données permettant de caractériser les mouvements du patient et de détecter certains marqueurs de rechute post-AVC (apparition de tremblements).

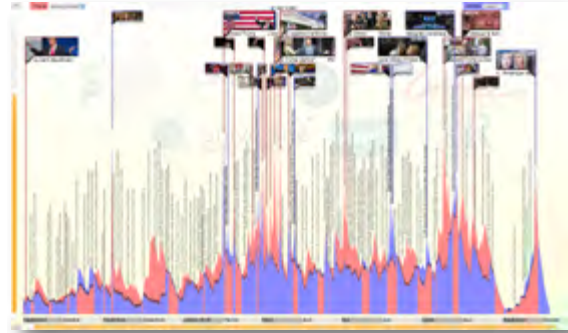
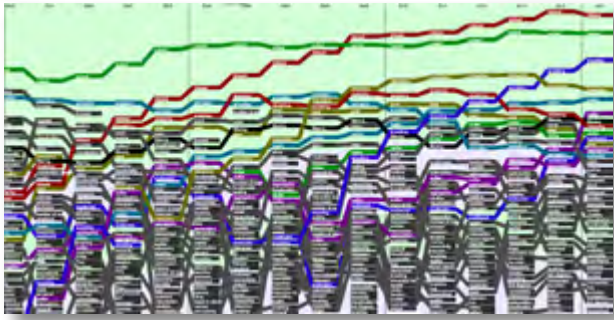
Par ailleurs, en collaboration avec la société IofME, des thermostats connectés de nouvelle génération ont été étudiés. L'objectif était d'intégrer le modèle thermique du bâtiment et l'activité des usagers dans l'élaboration de la stratégie de régulation thermique. Les résultats de ces recherches sont intégrés dans le thermostat « Prometheus » qui sera distribué prochainement par Axenergie (1er réseau d'artisans chauffagistes en France).

Visualisation d'information

La Visualisation d'information est un domaine mûr et établi depuis de nombreuses années. Après avoir contribué à inventer de nouvelles visualisations pendant la période 2014-2015, de nombreuses collaborations ont été mises en place afin d'appliquer des techniques de visualisation à des jeux de données réalistes et à confronter les techniques d'interaction aux besoins réels d'utilisateur en situation de travail. La collaboration avec Joseph Mariani (TLP), Patrick Paroubek (ILES) et Gil Francopoulo a amené à reconcevoir notre technique des GapCharts (inventée et validée pour la visualisation de données sportives) afin de tenir compte du fort niveau de bruit des données de bibliométrie issues d'un traitement automatique du texte des publications. Ainsi, le jeu de données des articles scientifiques de la communauté « reconnaissance de la parole » fourni par nos collaborateurs a pu être utilisé. Ce travail illustré ci-dessous à gauche a débouché sur une publication commune.

La collaboration avec Xavier Tannier (ILES) n'a pas permis la réutilisation de notre technique des *Stratum Graphs* (précédemment appelée *Interactives Horizon Graph*). Le faible nombre de courbes à comparer ainsi que le besoin d'illustrer par des images les données issues du journalisme, a amené l'utilisation d'une autre technique de visuali-

sation : les Braided Graphs. Afin de contrebalancer le fort bruit issu des données, un mécanisme de lissage basé sur un filtre bilinéaire a été mis au point. Ce travail illustré ci-dessous à droite a débouché sur une publication commune et une démonstration aux journées ANR.



La collaboration avec Philippe Boula de Mareuil (TLP) et Albert Rilliard (AA) autour de cartes de zones linguistiques a permis de mettre au point une nouvelle technique complémentaire à celles de Horizon Maps. En utilisant un Diagramme de Voronoi autour des points géographiques d'enquête, la nouvelle technique illustrée ci-contre permet de dessiner des cartes aux bords plus nets mais très ciselés. Un mécanisme ajoutant automatiquement des points intermédiaires aux frontières qui limitent cet effet indésirable, a été mis au point. Cette nouvelle technique s'applique aux cartes « Choropleths » utilisées dans une précédente collaboration. Ce premier travail a débouché sur une publication commune.



Appliquer nos techniques de visualisation à des jeux de données réalistes, nous a conduits à inventer de nouvelles techniques ainsi qu'à tester et évaluer les techniques existantes. Un fil conducteur se dégage autour du débruitage afin de produire des visualisations plus lisibles. Outre la dynamique de collaborations engendrée par cette approche, celle-ci s'est révélée très fertile et sera poursuivie à l'avenir.

Haptique

► Perception de données

Contrairement aux techniques de visualisation précédentes où la modalité visuelle joue un rôle primordial, il s'agit ici de l'enrichir par d'autres modalités afin d'améliorer la perception de certains phénomènes, notamment physiques. C'est pourquoi ce travail a été mené en collaboration avec le département Mécanique du LIMS1 ainsi que des partenaires extérieurs (INRIA, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign). Il concerne la perception, la caractérisation et la visualisation de données de mécanique des fluides numérique (CFD). Plusieurs algorithmes de rendu haptique ont été élaborés en fonction de différentes contraintes de données CFD (discontinuités, variation de gradient, etc.). Une approche interactive pour l'analyse et la caractérisation des structures Eulérienne des flux complexes incluant plusieurs tourbillons (Digiteo FLUCTUS, Thèse F. Gueniat) a également été proposée.



Dans le cadre de ses travaux de thèse, Paul Issartel a étudié l'utilisation de l'interaction tangible pour la visualisation de données CFD avec différents outils exploitant l'interaction à 6 DdL (écrêtage plans, systèmes de particules, etc.). Cette recherche a permis l'émergence d'une nouvelle technique d'interaction basée sur un concept de « frontière tangible réel-virtuel » permettant de faire converger dans un volume cubique l'espace d'affichage visuel et l'espace d'interaction. Ce concept permet notamment la saisie naturelle avec la main d'objets 3D. Récemment, dans le cadre d'une collaboration avec l'INRIA Saclay (Thèse L. Besançon), l'étude d'une approche d'interaction hybride combinant le mode tangible avec le mode tactile pour une gestion optimale des tâches 6 DdL / 2DdL a été menée. Les résultats montrent une meilleure acceptabilité et utilisabilité des outils d'interaction par les experts du domaine.

Enfin, dans le cadre d'une collaboration avec la société RPE, le projet 3DRENO vise à la mise en place d'un outil interactif et ludique de diagnostic énergétique pour le bâtiment. En collaboration avec le groupe CPU (C. Clavel) un outil de modélisation et visualisation de maquettes numériques de bâtiments a été mis en place. Cet outil permet notamment d'afficher d'une manière interactive et accessible le bilan énergétique d'un logement. En collaboration avec le thème « Image » du groupe AMI, un outil de reconstruction 3D permettant de générer rapidement la maquette numérique intérieure du bâtiment a également été mis en place.

► **Interaction et communication haptique affective**

Ce travail, basé sur une étroite collaboration entre les groupes AMI et CPU (J-C. Martin), porte sur les capacités humaines pour la communication des émotions à travers le canal haptique. Les deux canaux tactiles et kinesthésiques ont été étudiés. Pour la communication kinesthésique, une approche d'analyse avancée (ANOVA, ACP, EM, etc.) pour la caractérisation des expressions haptiques des émotions selon plusieurs facteurs physiques (vitesse, fluidité, etc.), a été proposée. Ces caractéristiques haptiques ont été utilisées pour améliorer la reconnaissance et la discrimination des émotions exprimées avec des avatars virtuels. Pour la communication tactile, une nouvelle stratégie de stimulation tactile basée sur un jet d'air thermorégulé pour une stimulation tactile non-intrusive (Digiteo HumanTouch) a été introduite. Par ailleurs, une collaboration avec le CIAMS (CNRS et U-Psud), a permis d'étudier les mécanismes psychologiques de perception des émotions avec cette modalité et comment elle se combinent avec d'autres indices, par exemple visuels ou auditifs. Récemment, une collaboration avec l'ENSTA et le CEA-LIST pour l'étude de l'interaction haptique affective avec des robots humanoïdes a été engagée. Ce projet vise à développer un robot humanoïde sensible à la stimulation tactile affective et capable de produire des réactions haptiques selon l'état émotionnel de l'utilisateur. Il existe également des collaborations avec des artistes pour la conception de plateformes artistiques d'interprétation haptique pour la communication en temps réel d'émotions entre deux utilisateurs distants (OSEO Canal haptique).

Personnel AMI

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée
Ammi	Mehdi	MC	oui	U-Paris-Sud	01/09/2006
Bellik	Yacine	MCHC	oui	U-Paris-Sud	01/09/1996
Béroule	Dominique	CR1		CNRS	01/03/1988
Bimbard	Franck	MC		U-Paris-Sud	01/04/2013
Frenoux	Emmanuelle	MC		U-Paris-Sud	01/10/2005
Gouiffès	Michèle	MC		U-Paris-Sud	01/03/2013
Jacquemin	Christian	PrCE	oui	U-Paris-Sud	02/02/1998
Vernier	Frédéric	MC		U-Paris-Sud	01/09/2002

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Amroun	Hamdi	Doctorant	01/11/2015	
Arnaud	Adrien	Doctorant	01/01/2016	
Besançon	Lonni	Doctorant	01/11/2014	
Bobin	Maxence	Doctorant	01/10/2015	
Bokaris	Panagiotis-Alexandros	Doctorant	01/10/2013	
Christophe	Julien	CDD IE	01/03/2015	29/02/2016
Cossou	Lucile	Doctorant	20/04/2015	
Favey	Clément	Doctorant	01/10/2015	
Gaffary	Yoren	Doctorant	01/10/2011	
Gharsellaoui	Asma	Doctorant	01/10/2011	

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Guedira	Youssef	Doctorant	01/10/2016	
Guillen	Iñaki	CDD IE	01/10/2015	31/12/2016
Issartel	Paul	Doctorant	01/10/2013	
Longnos	Florian	CDD Post-Doc	01/02/2015	31/08/2015
Martinez	Fabio	CDD Post-Doc	01/12/2014	31/05/2016
Ricordeau	Thomas	CDD IE	01/03/2015	29/02/2016
Sellami	Adile	CDD Ingénieur	01/06/2015	31/07/2016
Setkov	Aleksandr	Doctorant / PostDoc	01/10/2012	31/05/2016
Tsalamlal *	Mohamed Yacine	CDD IE / ATER	01/10/2015	31/08/2017

* Groupe AMI et CPU

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Benseghir	Kenza	18/04/2016	17/09/2016
Bougie	Nicolas	02/05/2016	02/09/2016
Coursier	Delphine	20/01/2015	31/05/2015
Famié	Sylvain	18/04/2016	03/06/2016
Gao	Jie	11/05/2015	23/10/2015
Heems	Kévin	08/06/2015	28/08/2015
Mghames	Sariah	02/03/2015	31/08/2015
Perard	Olivier	06/06/2016	06/07/2016
Rakotomalala	Toky Mandimby	01/06/2015	10/07/2015
Romany	Stéphane	01/06/2016	30/06/2016
Taddei	Gilles	20/01/2015	31/05/2015
Wang	Xi	15/06/2015	04/09/2015

Contrats de recherche et valorisation

AMI : Contrats institutionnels sur financement public								
Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €	
Collaborations de recherche	Gardien du Temple	IDEX	La Diagonale	N	Gouiffès Michèle	09/06/2014	30/06/2016	17 400
	Zoomit	IDEX	La Diagonale	N	Jacquemin Christian	01/04/2015	30/06/2016	17 000
	GT «Soutien aux Réseaux Profonds»	IDEX	Labex Digicosme	N	Frenoux Emmanuelle et Allauzen Alexandre	30/01/2015	31/12/2015	2 700
	HUMAN TOUCH	Digiteo		O	Ammi Mehdi	01/10/2012	30/09/2015	102 200
		IDEX	IDI	O	Ammi Mehdi	01/10/2014	30/09/2017	115 000
		IDEX	IDI	O	Bellik Yacine	01/09/2016	30/11/2019	120 640
	IRON	IDEX	Lidex ISN	N	Ammi Mehdi	12/02/2015	30/06/2016	105 000
	MAPOCA	Digiteo		O	Gouiffès Michèle	01/11/2014	30/06/2016	76 950
	PINO	IDEX	Prématuration	O	Ammi Mehdi	01/03/2015	29/02/2016	63 440
	P-TRONICS	SATT	Maturation	O	Ammi Mehdi	30/06/2016	29/04/2018	35 000

AMI : Contrats industriels, contrats sur financement privé...								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	3D RENO	Rénovation Plaisir Energie		O	Ammi Mehdi	30/10/2014	29/10/2018	297 165
	EGG	IOFME		O	Ammi Mehdi	01/12/2015	31/05/2019	466 458
	GIS IOSP	Rénovation Plaisir Energie	chaire industrielle	O	Ammi Mehdi	26/10/2015	25/10/2020	0
Encadrement de thèse		Rénovation Plaisir Energie	CIFRE	O	Ammi Mehdi et Gouiffès Michèle	01/01/2016	31/12/2018	45 000
		Rénovation Plaisir Energie	CIFRE	O	Ammi Mehdi et Clavel Céline	01/01/2016	31/12/2018	45 000

AMI : Brevets, Dépôts APP, licences...					
Valorisation	Brevet	Inventeur LIMSI	co-déposant	Date	
		Système de rendu haptique sans contact numérique	Ammi Mehdi	_	avr.-12
		TVIZ tablet based 3D visualization	Ammi Mehdi	Université Pierre et Marie Curie	avr.-13
		Dispositif d'interface Homme Machine pour l'internet des objets	Ammi Mehdi	Rénovation Plaisir Energie	mars-16
		Système interactif de diagnostic de performance énergétique	Ammi Mehdi	Rénovation Plaisir Energie	mars-16
		Plateforme d'impression 3D d'objets mécatroniques	Ammi Mehdi	Longnos Florian	nov.-15
	Dépôt APP	Auteur LIMSI	Co auteurs	Date	
	"UNOPORUNO meta moteur de recherche servant à identifier des groupes de personnes à interroger dans le cadre des enquêtes sociologiques"	Turner William	Garcia Flores J.	nov.-12	

Production scientifique AMI 2015-2016

► Thèses et HdR

1. Bokaris, P.-A., *Réalité augmentée vidéoprojetée : Compensation photométrique pour l'effacement statique et dynamique* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 25 Novembre 2016, 153 p.
2. Gaffary, Y., *Communication kinesthésique des émotions dans un contexte d'interaction homme-machine* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 18 Juin 2015, 188 p.
3. Setkov, A., *IVORA (Image and Computer Vision for Augmented Reality): color invariance and correspondences for the definition of a camera/video-projector system* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 27 Nov. 2015, 157 p.
4. Tsalamlal, M.Y., *Communication affective médiée via une interface tactile* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 27/06/2016, 140 p.

► Revues à comité de lecture

1. Ammi, M. and B. Katz, *Intermodal audio-haptic intermodal display: improvement of communication and interpersonal awareness for collaborative search tasks*. Virtual Reality, 2015. **19** (3-4): pp.235-252.
2. Bellik, Y., A. Gharsellaoui, and C. Jacquet, *Un modèle de tâches exploitable à l'exécution pour une assistance à l'utilisateur dans les environnements ambiants*. Journal d'Interaction Personne-Système, 2015. **3** (Numéro spécial Modèles de Tâches): pp.31.
3. Béroule, D. and P. Gisquet-Verrier, *A Functional Model of Action-Selection Selection Guided by Emotional Stimuli*. International Journal of Swarm Intelligence and Evolutionary Computation, 2016. **5** (2): pp.17.
4. Chamseddine Ben Abdallah, A., M. Gouiffès, and L. Lacassagne, *A modular system for global and local abnormal event detection and categorization in videos*. Machine Vision and Applications, 2016. **27** (3): pp.463-481.
5. Fdili Alaoui, S., F. Bevilacqua, and C. Jacquemin, *Interactive Visuals as Metaphors for Dance Movement Qualities*. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS), 2015. **5** (3): pp.23.
6. Laguzet, F., A. Romero Mier y Téran, M. Gouiffès, L. Lacassagne, and D. Etiemble, *Color tracking with contextual switching :real-time implementation on CPU*. Journal on Real Time Image Processing, 2015. pp.403-422.
7. Oker, A., E. Prigent, M. Courgeon, M.V. Eyharabide, M. Urbach, N. Bazin, M.-A. Amorim, C. Passerieux, J.-C. Martin, and E. Brunet-Gouet, *How and why affective and reactive virtual agents will bring new insights on social cognitive disorders in schizophrenia? An illustration with a virtual card game paradigm*. Frontiers in Human Neuroscience, 2015. **9** (133): pp.11.
8. Perin, C., J. Boy, and F. Vernier, *Gap Charts: Using a Gap Strategy to Visualize the Temporal Evolution of both Ranks and Scores*. IEEE Computer Graphics and Applications, 2016. **36** (5): pp.38-49.
9. Setkov, A., M. Gouiffès, and C. Jacquemin, *Evaluation of color descriptors for projector-camera systems*. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2016. **36**: pp.11-27.
10. Tsalamlal, M.Y., N. Ouarti, J.-C. Martin, and M. Ammi, *Haptic communication of dimensions of emotions using air jet based tactile stimulation*. Journal on Multimodal User Interfaces, 2015. **9** (1): pp.69-77.

► Chapitres d'ouvrage

1. Delprat, N., C. Jacquemin, and C. d'Alessandro, *Recherches arts-sciences au LIMSI-CNRS: conversation à trois voix*, in *Images interactives: art contemporain, recherche et création numérique*, J. P. Fourmentraux, Editor. 2016, Collection Essais, Editions de la lettre volée. pp. 171-195.
2. Pruvost, G., T. Heinroth, Y. Bellik, and W. Minker, *User Interaction Adaptation Within Ambient Environments*, in *Next Generation Intelligent Environments, Ambient Adaptive Systems, Second Edition*, F. Nothdureft T. Heinroth W. Minker S. Ultes, Editor. 2016, Springer. pp. 221-263.
3. Tapus, A., E. André, J.-C. Martin, F. Ferland, and M. Ammi, *Social Robotics. 7th International Conference, ICSR 2015*. Vol. 9388. 2015: Springer. 717p.

► Conférences à comité de lecture

1. Ammi, M., V. Demulier, S. Caillou, Y. Gaffary, M.Y. Tsalamlal, J.-C. Martin, and A. Tapus. *Haptic Human-Robot Affective Interaction in a Handshaking Social Protocol*. in *IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. 2015. Portland, USA: IEEE. 263-270.
2. Amroun, H., N. Ouarti, and M. Ammi. *Recognition of human activity using internet of things in a non-controlled environment*. in *International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*. 2016. Phuket, Thailand. 6p.

3. Amroun, H., N. Ouarti, T. Mhamed, and M. Ammi. *Reconnaissance de l'activité humaine dans un environnement non contrôlé en utilisant l'Internet des Objets*. in *Journée Nationale de l'Internet des Objets: Nouveaux défis de l'Internet des Objets*. 2016. Nozay, France. 4p.
4. Arnaud, A., J. Christophe, M. Gouiffès, and M. Ammi. *3D Reconstruction of Indoor Building Environments with New Generation of Tablets*. in *ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. 2016. Munich, Germany: ACM. 187-190.
5. Arnaud, A., J.-B. Corrége, C. Clavel, M. Gouiffès, and M. Ammi. *Exploration d'environnement virtuel sur tablette : Comparaison entre des modalités tactiles et tangibles*. in *Conférence Francophone sur l'Interaction Homme Machine*. 2015. Toulouse, France: ACM. 6p.
6. Arnaud, A., J.-B. Corrége, C. Clavel, M. Gouiffès, and M. Ammi. *Exploration of Virtual Environments on Tablet: Comparison Between Tactile and Tangible Interaction Techniques*. in *ACM International Conference on Multimodal Interaction*. 2016. Tokyo, Japan. 357-361.
7. Besançon, L., P. Issartel, M. Ammi, and T. Isenberg. *Hybrid Tactile/Tangible Interaction for 3D Data Exploration*. in *IEEE Scientific Visualization Conference*. 2016. Baltimore, USA: IEEE. 10p.
8. Bobin, M., M. Anastassova, M. Boukallel, and M. Ammi. *SyMPATHy: smart glass for monitoring and guiding stroke patients in a home-based context*. in *ACM SIGCHI Symposium on Engineering interactive Computing Systems*. 2016. Brussels, Belgium. 281-286.
9. Bobin, M., M. Anastassova, M. Boukallel, and M. Ammi. *Study of a smart cup for home monitoring of the arm and hand of stroke patients*. in *International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. 2016. Reno, NV, USA: ACM. 305-306.
10. Bokaris, P.-A., M. Gouiffès, C. Jacquemin, J.-M. Chomaz, and A. Trémeau. *One-frame delay for dynamic photometric compensation in a projector-camera system*. in *IEEE International Conference on Image Processing*. 2015. Québec City, Canada. 2675-2679.
11. Boula De Mareüil, P., J.-P. Goldman, A. Rilliard, Y. Scherrer, and F. Vernier. *Cartopho : un site web de cartographie de variantes de prononciation en français*. in *Journées d'Études sur la Parole*. 2016. Paris: AFCP. 119-127.
12. Corrége, J.-B., C. Clavel, J. Christophe, and M. Ammi. *Using Regulatory Focus Theory for a Mobile Device Renovation Application: Nudging Users Towards Building Green Houses*. in *International Conference on Persuasive Technologies*. 2016. Salzburg, Austria: Alexander Meschtscherjakov, Boris De Ruyter, Verena Fuchsberger, Martin Murer, and Manfred Tscheligi. 6-9.
13. Favey, C., J. Villanueva, A. Zogaghi, L. Jordan, Y. Guedira, E. Dessailly, Y. Bellik, and R. Farcy. *Guidage de fauteuils roulants pour polyhandicapés, par profilométrie optique active*. in *Handicap 2016*. 2016. Paris, France. 6p.
14. Francopoulo, G., J.-J. Mariani, P. Paroubek, and F. Vernier. *Providing and Analyzing NLP Terms for our Community*. in *International Workshop on Computational Terminology*. 2016. Osaka, Japon. 94-103.
15. Gaffary, Y., D.A. Gomez Jauregui, J.-C. Martin, and M. Ammi. *Gestural and Postural Reactions to Stressful Event: Design of a Haptic Stressful Stimulus*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China: IEEE. 988-992.
16. Girard, A. and M. Ammi. *Haptic Designation Tool to Improve Working Strategy in Collaborative Virtual Environment*. in *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*. 2015. Kowloon Tong, Hong Kong: IEEE. 1321-1328.
17. Guedira, Y., R. Farcy, and Y. Bellik. *Interface Tactile pour le Pilotage de Fauteuils Roulants Electriques*. in *Conférence Francophone sur l'Interaction Homme Machine*. 2016. Fribourg, Suisse: ACM. 230-236.
18. Guedira, Y., L. Jordan, C. Favey, R. Farcy, and Y. Bellik. *Tactile Interface for Electric Wheelchair*. in *International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*. 2016. Reno, Nevada, USA: ACM, Sheridan Printing. 313-314.
19. Issartel, P., L. Besançon, F. Gueniat, T. Isenberg, and M. Ammi. *Preference Between Allocentric and Egocentric 3D Manipulation in a Locally Coupled Configuration*. in *ACM Symposium on Spatial User Interaction*. 2016. Tokyo, Japon: ACM. 79-88.
20. Issartel, P., L. Besançon, T. Isenberg, and M. Ammi. *A Tangible Volume for Portable 3D Interaction*. in *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. 2016. Mérida, Mexico: IEEE. 215-220.
21. Issartel, P., F. Gueniat, S. Coquillart, and M. Ammi. *Perceiving Mass in Mixed Reality through Pseudo-Haptic Rendering of Newton's Third Law*. in *IEEE Virtual Reality*. 2015. Arles, France: IEEE. 41-46.
22. Martinez, F., A. Manzanera, M. Gouiffès, and A. Braffort. *A Gaussian mixture representation of gesture kinematics for on-line Sign Language video annotation*. in *International Symposium on Visual Computing*. 2015. Las Vegas, NV, USA. 293-303.
23. Martinez, F., A. Manzanera, M. Gouiffès, and T.P. Nguyen. *Action-centric polar representation of motion trajectories for online action recognition*. in *International Joint Conference on Computer Vision Theory and Applications*. 2016. Rome, Italy. 442-448.

24. Orefice, P.-H., M. Ammi, M. Hafez, and A. Tapus. *Let's handshake and I'll know who you are: gender and personality discrimination in human-human and human-robot handshaking interaction*. in *IEEE International Conference on Humanoid Robots*. 2016. Cancun, Mexico: IEEE. 958-965.
25. Setkov, A. and M. Gouiffès. *Geometric compensation of dynamic video projections*. in *IEEE International Symposium on Multimedia 2016*. 2016. San José, California, USA. 6p.
26. Setkov, A., F. Martinez, M. Gouiffès, C. Jacquemin, M. Vanrell, and R. Baldrich. *DACImPro: A novel database of acquired image projections and its application to object recognition*. in *International Symposium on Visual Computing*. 2015. Las Vegas, NV, USA. 463-473.
27. Tannier, X. and F. Vernier. *Creation, Visualization and Edition of Timelines for Journalistic Use*. in *Natural Language meets Journalism, workshop of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*. 2016. New York, USA. 4p.
28. Tsalamlal, M.Y., J.-C. Martin, M. Ammi, A. Tapus, and M.-A. Amorim. *Affective Handshake with a Humanoid Robot: How do Participants Perceive and Combine its Facial and Haptic Expressions*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China. 334-340.

► Congrès sans actes, workshops

1. Bellik, Y. and C. Clavel. *La géométrie sur le bout des doigts*. in *Conférence Francophone sur l'Interaction Homme Machine*. 2016. Fribourg, Suisse: AFIHM. 2p.
2. Corrége, J.-B., C. Clavel, and M. Ammi. *Utilisation des normes sociales injonctives pour favoriser la conception de projets de rénovation énergétiquement performants*. in *Journées d'étude interdisciplinaire des jeunes chercheurs en Sciences Cognitives*. 2016. Montpellier. 3p.
3. Favey, C., J. Villanueva, A. Zogaghi, L. Jordan, E. Dessailly, Y. Bellik, and R. Farcy. *Fauteuil roulant électrique augmenté pour polyhandicapés*. in *Le handicap, un vecteur pour l'innovation*. 2016. Vélizy, France: Sylvain Chevallier, Lionel Husson et Hélène Maynard. 6-8.
4. Sereno, M., M. Ammi, T. Isenberg, and L. Besançon. *Tangible Brush: Performing 3D Selection with Portable and Position-Aware Devices*. in *IEEE VIS2016*. 2016. Baltimore, Maryland, USA. 2p.

CPU

Cognition, Perception et Usages

Jean-Claude MARTIN

À la frontière entre informatique, psychologie et ergonomie, le groupe CPU (Cognition, Perception et Usages), composé d'enseignants-chercheurs de ces trois disciplines, conduit des recherches pluridisciplinaires sur la cognition humaine et la conception, l'évaluation et les usages des interactions homme-machine.

Ces recherches ont un double objectif :

- 1) étudier l'humain pour mieux concevoir les interactions homme-machine et les systèmes,
- 2) concevoir des interactions homme-machine pour étudier et mieux comprendre l'humain.

Outre des collaborations intra-groupe (comme par exemple les projets ANR VICTEAMS, NARECA ou INGREDIBLE), des collaborations avec d'autres groupes du laboratoire sont mises en œuvre (par exemple sur l'interaction en environnement immersif avec le groupe VENISE ou sur la langue signée avec le groupe ILES) pour concevoir et évaluer des interactions mettant en jeu des humains et des machines et contribuer à la production de connaissances sur la cognition humaine et artificielle. Les interactions entre les trois disciplines sont illustrées sur la figure 1.

Les recherches réalisées s'inscrivent dans plusieurs paradigmes complémentaires sur la cognition tels que la cognition sociale, la cognition située, la cognition incarnée, etc. Elles sont menées au moyen de collaborations industrielles, d'appels à projets (nationaux et internationaux) pour répondre à des enjeux de recherche aussi bien fondamentaux qu'opérationnels.

Ces recherches s'organisent selon quatre axes complémentaires que nous décrivons ci-dessous :

- *Cognition Humaine et Artificielle*
- *Interaction Affective Multimodale*
- *Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles*
- *Conception et Usages*.

Chaque axe apporte des nouvelles connaissances et outils à la fois sur l'humain, et sur les interactions homme-machine. Chaque axe contribue ainsi à des projets et problématiques de recherche transversaux comme la conception et l'évaluation d'agents virtuels expressifs (Figure 2).

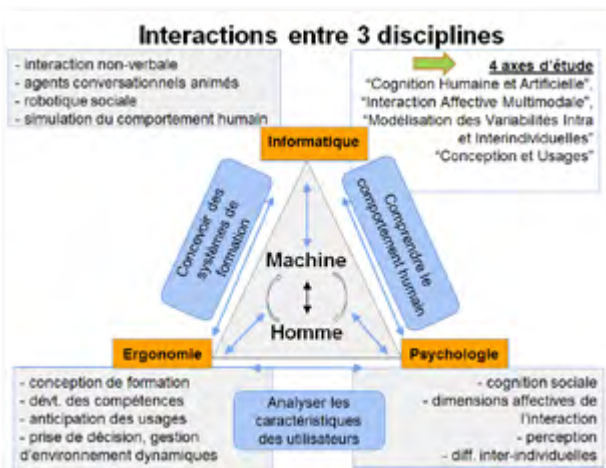


Figure 1. Approche pluridisciplinaire pour les recherches en Cognition Perception et Usages



Figure 2 : Recherches sur les agents expressifs vues selon les 4 axes du groupe CPU.

Axe “Cognition Humaine et Artificielle”

Cet axe s’intéresse à l’étude et la modélisation des composantes cognitives dans les agents artificiels et chez les humains, notamment en interaction avec les systèmes informatiques. En particulier, nous nous intéressons à la dimension affective dans ces processus, par opposition à d’autres approches plus classiques qui s’intéressent à l’aspect rationnel du comportement humain. Nos recherches poursuivent ici deux objectifs :

- Comprendre les processus cognitifs, affectifs et sociaux sous-jacents aux comportements des individus dans des situations données (par exemple dans une situation d’apprentissage, dans une situation de jeu ou dans une situation de crise)
- Simuler les processus de décision et de communication qui définissent le comportement humain et prendre en compte, dans ces processus, la part non-rationnelle (par exemple les erreurs de communication provoquées par le stress ou l’influence d’une émotion sur une prise de décision).

Les composantes que nous étudions sont donc organisées autour de plusieurs processus cognitifs étudiés dans leurs dimensions individuelles et collectives :

- les processus affectifs
- la personnalité
- le raisonnement et la prise de décision
- le développement et l’apprentissage de compétences

L’activité de recherche au sein de cet axe s’organise à la frontière entre plusieurs disciplines:

En ergonomie, nous cherchons à comprendre et à représenter les mécanismes de développement des compétences professionnelles chez l’adulte et à définir les outils informatiques pour améliorer la conceptualisation, la capacité de prise de décision et les compétences en gestion des risques. Ainsi, la thèse de Renaud Delmas (2015-18) vise à comprendre l’implication de compétences non-techniques dans les prises de décision de leaders médicaux à partir de l’étude des représentations mentales des formateurs pour contribuer à la conception d’un environnement virtuel de formation à ces compétences professionnelles. Le post-doctorat de Lucie Brunet (2014-16), réalisé en co-encadrement avec EDF R&D, visait à anticiper, à partir d’analyse du travail, l’adéquation de l’insertion d’un nouveau dispositif de simulation numérique en formation avec les conditions de travail et les compétences professionnelles des formateurs en vue d’accompagner le développement des usages de cette nouvelle technologie dès sa conception. Le post-doctorat d’Elsa Laneyrie (2015-16), co-encadré par EDF R&D, visait à évaluer l’efficacité et la pertinence d’une formation professionnelle innovante sur le développement des compétences effectifs des stagiaires au regard de celles anticipées à partir d’analyses du travail.

En relation avec les théories et modèles issus de la *psychologie*, nous cherchons à modéliser puis à simuler informatiquement les processus de décision en prenant en compte la dimension sociale et affective dans la prise de décision et dans l’interaction. Ainsi, nous avons proposé des modèles de personnalité basés sur les travaux de [Higgins, 98]¹ dans la thèse de Caroline Faur (2012-16). Des modèles de dialogue basés sur les travaux de [de Dreu et van Kleef, 2004]² servent de base à la thèse de Lydia Ould-Ouali (2014-17) pour contrôler en temps réel l’interaction avec un agent virtuel animé.

En informatique, nous nous appuyons sur la simulation multi-agents pour étudier les phénomènes collectifs. Un des objectifs est de développer des modèles informatiques de la théorie de l’esprit pour intégrer la représentation de l’autre (système ou humain) dans la prise de décision, le raisonnement, l’adaptation du comportement et pour mieux contrôler l’interaction. Ainsi, dans la thèse de Lauriane Hugué (2015-18), nous proposons des modèles informatiques de prise de décision et de communication en situation de stress pour une équipe de



Figure 3. L’environnement virtuel de formation développé dans le projet ANR VICTEAMS comprend une équipe de secouristes virtuels autonomes reproduisant des processus cognitifs.

1 Higgins, E. T. (1998). Promotion and prevention: Regulatory focus as a motivational principle. *Advances in experimental social psychology*, 30, 1-46

2 Van Kleef, G. A., De Dreu, C. K., & Manstead, A. S. (2004). The interpersonal effects of emotions in negotiations: a motivated information processing approach. *Journal of personality and social psychology*, 87(4), 510.

secouristes virtuels. Dans la thèse de Guillaume Demary (2015-18), nous étudions l'impact du style de followership sur le comportement et la capacité des individus à en détecter les indices non-verbaux chez des agents virtuels. Ces deux modèles servent de support pour la formation de leaders d'équipe médicale d'urgence dans le cadre du projet ANR VICTEAMS (figure 3).

Axe "Interaction Affective Multimodale"

Les recherches conduites dans cet axe visent d'une part à mieux comprendre comment l'humain intègre les informations multimodales affichées par d'autres humains ou des agents animés artificiels. D'autre part, elles visent à répondre à des enjeux tels que la modélisation, la conception et l'évaluation de nouveaux dispositifs d'interaction multimodale intuitive. Les modalités que nous étudions concernent les informations visuelles (principalement portées par le visage et le corps), tactiles, haptiques, verbales, auditives ou encore tangibles. Elles sont étudiées indépendamment ou en combinaison, de manière congruente ou non, à partir d'expressions statiques et dynamiques. L'étude de ces modalités perceptives vise à interroger des processus bas niveau et haut niveau dans l'intégration des informations dans le cadre de la compréhension des actions, émotions ou états mentaux d'autrui ou de la construction d'un modèle de situation.

Cet axe de recherche a été renforcé par le recrutement d'Elise Prigent, en tant que MCF dans le groupe en 2015. Ses recherches visent à mieux appréhender les processus de pondération et d'intégration des différentes informations fournies par autrui. Ces travaux s'appuient notamment sur la théorie de l'intégration de l'information (ou Information Integration Theory, IIT, Anderson, 1996) et sur l'utilisation de paradigmes expérimentaux issus de la psychophysique. Cela a donné lieu à deux collaborations en 2015-2016 soutenues par le laboratoire. La première interroge les processus bas niveau d'anticipation dans le cadre de la perception d'un mouvement social (Fig. 4) (collaboration avec le laboratoire Structures Formelles du Langage, Paris 8). La seconde relève d'une collaboration interne au LIMSI avec le groupe ILES et renseigne plus particulièrement les processus haut niveau dans la compréhension de la Langue des Signes (Fig. 5).

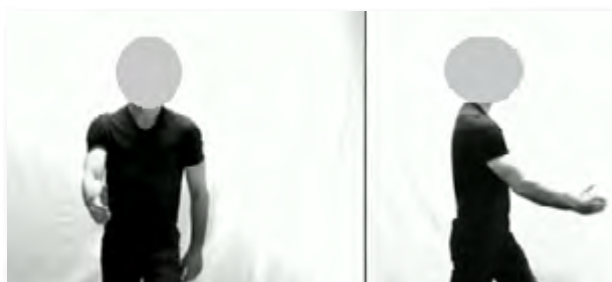


Figure 4. Stimuli utilisés pour l'étude du processus d'anticipation automatique en jeu lors de l'observation d'un mouvement suggérant une interaction (à gauche) ou non (à droite) avec l'observateur.

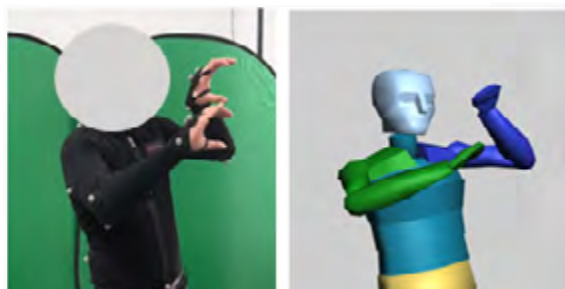


Figure 5. Stimuli utilisés pour l'étude de la compréhension de la langue des signes produite par un avatar (à droite) dont l'animation est issue de la capture en 3D des mouvements d'une personne sourde pratiquant la langue des signes (à gauche).

Par ailleurs, les processus bas niveau étudiés concernent également ceux impliqués dans le phénomène de mimétisme facial (thèse de Léonor Philip soutenue en avril 2015). Les travaux de thèse de Yacine Tsalamlal (2012-16) s'inscrivent aussi dans cette perspective et interrogent, via l'utilisation de l'IIT [Anderson, 1996], la perception de la combinaison de stimuli tactiles (via jet d'air), visuels (expressions faciales d'un agent virtuel) et auditifs (parole expressive). Ces travaux ont donné lieu à une publication en 2016 dans la revue IEEE Transactions on Affective Computing, (IF=3.4).

Les processus haut niveau étudiés relèvent plus de l'expérience utilisateur ou encore des sentiments de présence ou d'immersion étudiés dans le cadre d'interaction avec des dispositifs de réalité virtuelle. Cela s'est traduit dans la thèse de Mehdi Boukhris (2012-15) sur la question de la fidélité perçue d'un clone virtuel interrogeant notamment les informations nécessaires pour assurer un degré de fidélité élevé entre un agent virtuel et son référent réel.

Dans le cadre de différentes collaborations entre les groupes AMI et CPU (axe Interaction affective multimodale), nous interrogeons en quoi les modalités d'interaction (haptique, tactile, tangible,...) avec des dispositifs favorisent la construction d'une représentation spatiale. Cela a notamment donné lieu à une publication lors de la conférence ICMI 2016 (Arnaud, Corrége, Clavel & Ammi, 2016) et à une démonstration à la conférence IHM 2016 (Bellik & Clavel, 2016).

Axe “Modélisation des Variabilités Intra et Interindividuelles”

Cet axe de recherche vise plusieurs objectifs :

- mieux comprendre les caractéristiques individuelles et envisager leur variabilité tant à un niveau intra qu'à un niveau inter dans l'objectif,
- étudier leurs impacts dans le cadre des interactions non-verbales humain-humain (HH) mais aussi les interactions homme-machine (IHM),
- proposer de nouveaux outils pour évaluer ces différences
- et aider à la conception d'agents interactifs dotés de caractéristiques individuelles crédibles.



Figure 6
Human touch: Plateforme multimodale pour la communication affective Homme-Machine développée dans le cadre de la thèse de Yacine Tsalamlal

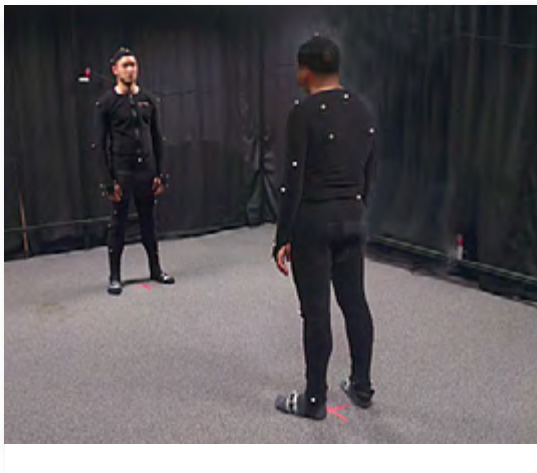


Figure 7. *INGREDIBLE: Étude de la variabilité intra-individuelle et interindividuelle du mouvement en contextes affectifs et interactifs*

Les recherches menées en informatique et en psychologie se sont penchées sur les caractéristiques liées aux émotions et à l'interaction sociale. Ainsi, des recherches ont pris en considération différentes approches de la personnalité (OCEAN, RFT, etc). Ces cadres théoriques ont été exploités pour expliquer des différences intra et inter-individuelles dans le comportement postural et corporel des utilisateurs lors d'une interaction dans un environnement virtuel tant avec des individus sains (Figure 7) (par exemple projet ANR INGREDIBLE et thèses de Tom Giraud (2011-2015) et Florian Focone (2012-2015)) qu'avec des personnes avec autisme (thèse de Pauline Chevalier (2013-16)). D'autres caractéristiques individuelles sont envisagées afin de mettre en évidence la variabilité des comportements lors des interactions HH ou IHM (e.g., sexe, statut social).

Les caractéristiques socio-émotionnelles telles que *l'alexithimie*, *l'anxiété* (trait et état) ou encore la gestion du *stress* ont été étudiées dans le cadre d'interaction avec différents dispositifs (cf. ANR COMPARE). Les stratégies adaptatives des utilisateurs face à des personnages virtuels (i.e., comportement d'approche et d'évitement) ont pu être testées via l'utilisation d'outils de détection automatique par vidéo (projet Investissement d'Avenir INTELLILANGUE).

Par ailleurs, des outils visant à mesurer des dimensions de la personnalité ont également été développés notamment dans le cadre des thèses de Tom Giraud ou de Caroline Faur. Ainsi une échelle visant à mesurer le *regulatory focus chronic* des individus a été élaborée et a fait l'objet d'une publication dans le journal *Personality and Individual Differences*.

Enfin, la mise en évidence de profils individuels d'intégration affective via l'interaction haptique affective (collaboration avec Mehdi AMMI du groupe AMI) permet étudier comment l'utilisateur exprime ou perçoit des émotions via le toucher (thèse de Yacine Tsalamlal, 2012-16).

Axe “Conception et Usages”

Dans cet axe, nos travaux visent la compréhension des usages des dispositifs technologiques par le prisme de l'analyse des activités humaines, de leur modélisation informatique et de leur simulation en vue de concevoir des dispositifs technologiques plus adaptés et adaptatifs aux activités humaines (par exemple orienter de nouvelles politiques dans une perspective de développement durable : énergie, bâtiment, etc.). Ces travaux ont ainsi pour fil conducteur une meilleure compréhension des activités humaines instrumentées, les usages des technologies et aussi les facteurs internes et externes les influençant en vue d'agir “sur” et “dans” les processus de conception et d'innovation technologique.

En ergonomie, nous menons des recherches-actions qui ont différentes orientations de recherche : 1) favoriser le développement des usages par des méthodes d'anticipation des activités humaines futures mobilisant ces nouveaux dispositifs, 2) construire des méthodes d'accompagnement des processus de conception de nouveaux outils numériques, 3) comprendre les processus d'appropriation des nouvelles technologies et 4) construire des techniques et méthodes pour concevoir des formations professionnelles à partir de l'analyse du travail (e.g. Couix, Boccara, Fucks, 2015). Dans cette perspective, le post-doctorat de Lucie Brunet visait à mettre en place une démarche de co-conception d'outils innovants de simulation de la radioactivité pour former des futurs agents de maintenance et préventeurs aux risques radiologiques en centre national de production nucléaire (Projet CERNUM). Le post-doctorat d'Elsa Laneyrie s'inscrit également pour partie dans cet axe : il visait à évaluer les usages d'un nouveau dispositif de simulation numérique dans une formation en cours de conception pour accompagner son déploiement et identifier les impacts sur le métier de formateur à la gestion des risques professionnels (Projet PSPR).

En informatique, nous nous intéressons à la simulation multi-agents de l'activité humaine, par exemple pour l'étude et la réduction de la consommation énergétique. Ainsi, dans la thèse de Thomas Huraux (2012-2015) réalisée en co-encadrement avec EDF, nous avons proposé un modèle qui permet de regrouper au sein d'une même simulation informatique des experts issus de domaines scientifiques très différents (ergonomie, énergétique, thermique...). La méthodologie adoptée combine une approche de simulation participative avec des données statistiques sur les populations pour générer des diagrammes d'activité et les coupler avec des données de consommation (figure 7). Ainsi, nous avons proposé une méthode de génération de populations synthétiques pour la simulation multi-agents qui s'appuie sur les données statistiques de l'INSEE sur la population française et sur les "enquêtes emploi-du-temps".

En psychologie, nous nous intéressons plus particulièrement aux choix de conception des plateformes : dans quelle mesure ces derniers peuvent orienter le comportement de l'utilisateur ? dans quelle mesure le contexte d'interaction peut-il orienter leurs usages ? Ainsi, dans la thèse de Léonor Philip, nous interrogeons la nature des feedbacks proposés par une plateforme éducative pour apprendre l'anglais à des collégiens et leur influence sur l'engagement de l'utilisateur au cours de l'interaction didactique d'une part et sur le développement de compétences linguistiques d'autre part. Ce travail a fait l'objet d'une publication dans la revue *Enfance* en 2015. Les travaux de thèse de Jean-Baptiste Corrége (2016-2019) s'inscrivent également dans cette perspective et visent à renseigner comment les processus normatifs peuvent être intégrés dans un dispositif interactif et modifier l'activité de l'utilisateur. Au delà de l'étude des choix de conception et de leur impact sur l'utilisation, ces travaux visent à renseigner les processus psychosociaux en jeu dans le cadre des interactions homme-machine et à proposer in fine des spécifications pour la conception de dispositifs adaptés aux utilisateurs.

Enfin, un ouvrage de synthèse sur les approches pluridisciplinaires de l'espace et ses modes de représentation a passé en revue, en particulier, les propriétés des systèmes informatiques actuels d'aide au déplacement et l'impact des dispositifs de réalité virtuelle sur la cognition spatiale (Denis, 2016).

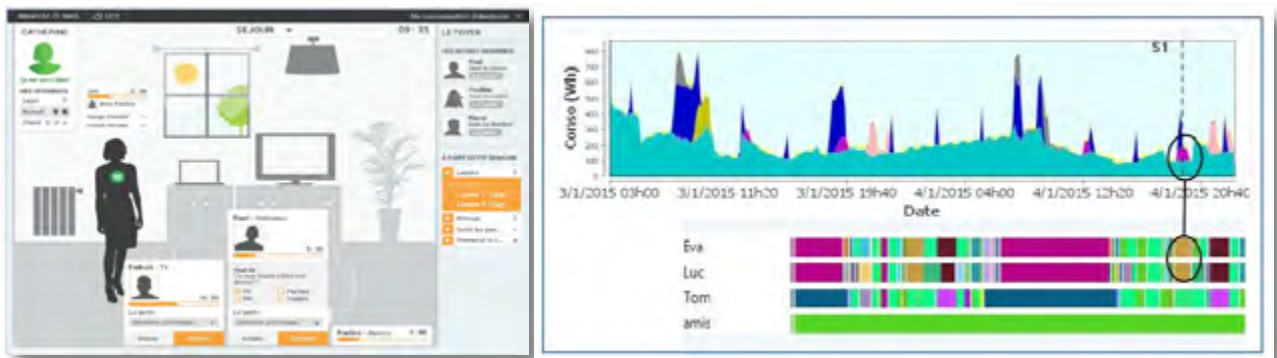


Figure 7. Simulation participative pour l'étude de l'activité quotidienne des ménages, une approche combinant informatique et ergonomie

Personnel CPU

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée
Denis	Michel	DREM	oui	CNRS	01/01/1992
Boccaro	Vincent	MC		U-Paris-Sud	01/09/2013
Clavel	Céline	MC		U-Paris-Sud	01/09/2011
Demulier	Virginie	MC		U-Paris-Sud	01/09/2013
Prigent	Elise	MC		U-Paris-Sud	01/09/2015
Daniel	Marie-Paule	MCHC	oui	U-Paris-Sud	01/01/1992
Martin	Jean-Claude	PR1	oui	U-Paris-Sud	01/09/1997
Sabouret	Nicolas	PR2	oui	U-Paris-Sud	01/09/2012

Non-permanents (doctorants et CDD)

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Alès	Zacharie	Post-Doc	26/01/2015	30/09/2015
Ben Youssef	Atef	CDD	01/09/2014	31/08/2015
Boukhris	Mehdi	Doctorant	02/05/2012	04/12/2015
Brunet	Lucie	CDD	01/10/2014	31/10/2016
Chevalier	Pauline	Doctorant	01/12/2013	
Corrégé	Jean-Baptiste	Doctorant	01/01/2016	
Darty	Kévin	Doctorant	01/09/2014	07/07/2015
Delmas	Renaud	Doctorant	01/01/2015	
Demary	Guillaume	Doctorant	01/09/2015	
Faur	Caroline	Doctorant	01/10/2012	21/10/2016
Focone	Florian	Doctorant	01/12/2012	14/12/2015
Fourati	Nesrine	CDD	01/12/2015	30/11/2016
Giraud	Tom	Doctorant	01/10/2011	26/03/2015
Gomez Jauregui	David Antonio	Post-Doc	01/09/2013	31/12/2015
Huguet	Lauriane	Doctorant	09/09/2015	
Hurax	Thomas	Doctorant	01/06/2014	02/10/2015
Kueviakoe	Kangni	Post-Doc	01/09/2014	31/08/2015
Laneyrie	Elsa	CDD	01/05/2015	31/08/2016
Ould Ouali	Lydia	Doctorant	01/10/2014	
Philip	Léonor	Doctorant	01/02/2012	08/04/2015
Reynaud	Quentin	CDD	01/04/2016	31/03/2016
Tsalamlal *	Mohamed Yacine	Ingénieur	01/10/2012	31/08/2017
Yacoubi	Alya	Doctorant	23/05/2016	

* Groupe AMI et CPU

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Bourreau	Clara	06/06/2016	26/08/2016
Cartier	Pierre	01/04/2016	01/07/2016
Christaras-Papageorgiou	Dimitrios	17/05/2016	31/07/2016
Leclerc	Nicolas	02/05/2016	31/07/2016
Martin	Erwann	17/05/2016	15/07/2016
Vidal	Florian	01/02/2016	30/06/2016
Zimmermann	Maria	14/03/2016	29/07/2016

Contrats de recherche et valorisation

CPU : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/Partenaire	Programme/Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	INGREDIBLE	ANR	CONTINT	N	Martin Jean-Claude	20/08/2012	19/08/2016	165 600
	MoCA	ANR	CONTINT	N	Martin Jean-Claude	01/10/2012	31/03/2017	160 887
	NARECA	ANR	CONTINT	N	Martin Jean-Claude	01/11/2013	31/10/2017	141 068
	VICTEAMS	ANR	PRCE	N	Boccaro Vincent	01/10/2014	31/03/2019	248 927

CPU : Contrats industriels, contrats sur financement privé...								
	Acronyme	Financier/Partenaire	Programme	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
Collaborations de recherche	CERNUM	EDF		O	Boccaro Vincent	01/10/2014	29/10/2018	297 165
	PSPR	EDF		O	Boccaro Vincent	24/04/2015	31/05/2019	466 458
	SMACH	EDF		O	Sabouret Nicolas	01/04/2016	25/10/2020	0
		FIRAH	Autisme et nouvelles technologies	O	Martin Jean-Claude	01/01/2016	31/12/2019	8 000
Encadrement de thèse		DAVI		O	Sabouret Nicolas	01/06/2016	30/06/2019	45 000
		EDF	CIFRE	O	Sabouret Nicolas	01/06/2012	31/05/2015	30 000
		Rénovation Plaisir Energie	CIFRE	O	Clavel Céline et Ammi Mehdi	01/01/2016	31/12/2018	45 000

AMI : Brevets, Dépôts APP, licences...				
Valorisation	Création d'entreprise	Créateur LIMSI	Date	Commentaire
	Système de rendu haptique sans contact numérique	Ammi Mehdi	Avril 2012	

Production scientifique CPU 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Boukhris, M., *Modélisation et Evaluation de la Fidélité d'un Clone Virtuel* 2015, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 4 Déc. 2015, 166 p.
2. Brousmitche, K.-L., *Modélisation et simulation multi-agent de la formation et de la dynamique d'attitudes basées sur les croyances* 2015, thèse de l'UPMC. Soutenue à Paris, le 16/12/2015, 141 p.
3. Darty, K., *Évaluation de la qualité des comportements des agents en simulation: application à un simulateur de conduite en environnement virtuel* 2015, thèse de l'UPMC. Soutenue à Paris, le 07/07/2015, 183 p.
4. Faur, C., *Approche computationnelle du regulatory focus pour des agents interactifs : un pas vers une personnalité artificielle* 2016, thèse de l'Université Paris-Sud. Soutenue à Orsay, le 21/10/2016, 191 p.
5. Focone, F., *Le mouvement expressif du corps entier : variabilités intra-individuelles dans des contextes affectifs et interactifs* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, France, le 14/12/2015, 139 p.
6. Giraud, T., *Full Body Interaction. Toward an integration of individual differences* 2015, thèse de l'Université Paris Sud. Soutenue à Orsay, France, le 26/03/2015.
7. Philip, L., *Influence des informations contextuelles sur la perception des émotions: étude des Réactions Faciales Rapides* 2015, thèse de l'Université Paris Sud. Soutenue à Orsay, le 8 Avril 2015, 191 p.
8. Tsalamlal, M.Y., *Communication affective médiée via une interface tactile* 2016, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 27/06/2016, 140 p.

► Revues à comité de lecture

1. Berrada-Baby, Z., A. Oker, M. Courgeon, M. Urbach, N. Bazin, M.-A. Amorim, J.-C. Martin, C. Passerieux, P. Roux, and E. Brunet-Gouet, *Patients with schizophrenia are less prone to interpret virtual others' empathetic questioning as helpful*. Psychiatry Research, 2016. **242**: pp.67-74.
2. Boccara, V. and C. Delgoulet, *L'analyse des travaux pour la conception en formation. Contribution de l'ergonomie à l'orientation de la conception amont d'un environnement virtuel pour la formation*. Activités, 2015. **12** (2): pp.25p.
3. Boccara, V. and C. Delgoulet, *How ergonomics helps to orientate upstream design of virtual training environments*. Activités, 2015. **12** (2): pp.25.
4. Boccara, V., P. Delhomme, C. Vidal-Gomel, and J. Rogalski, *A longitudinal study of driving instructor guidance from an activity-oriented perspective*. Applied ergonomics, 2015. **46**: pp.21-29.
5. Brousmitche, K.-L., J.-D. Kant, N. Sabouret, and F. Prenot-Guinard, *From Beliefs to Attitudes: Polias, a Model of Attitude Dynamics Based on Cognitive Modeling and Field*. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 2016. **19(4)** (2): pp.21.
6. Clavel, C., L. Philip, D.A. Gomez Jauregui, S. Padovani, and J.-C. Martin, *Usage des nouvelles technologies pour étudier les apprentissages scolaires et les favoriser*. Enfance, 2015. (1): pp.15-34.
7. Darty, K., J. Saunier, and N. Sabouret, *Évaluation et calibration des comportements des agents pour les simulations immersives*. Revue d'Intelligence Artificielle (RIA), 2016. **2016** (1-2): pp.237-260.
8. Giraud, T., F. Focone, V. Demulier, J.-C. Martin, and B. Isableu, *Perception of emotion and personality through full-body movement qualities: A sport coach case study*. ACM Transactions on Applied Perception, 2015. **13** (1): pp.27.
9. Giraud, T., F. Focone, B. Isableu, J.-C. Martin, and V. Demulier, *Impact of elicited mood on movement expressivity during a fitness task*. Human Movement Science, 2016. **49**: pp.9-26.
10. Hua, J., E. Filaire, T. Giraud, D.A. Gomez Jauregui, M. Soury, J.-C. Martin, L. Devillers, and C. Le Scanff, *Predicting a Failure of Public Speaking Performance Using Multidimensional Assessment*. Journal of Sports Sciences, 2016. (4): pp.197-209.
11. Oker, A., M. Courgeon, E. Prigent, N. Bazin, M. Urbach, C. Passerieux, J.-C. Martin, M.-A. Amorim, and E. Brunet-Gouet, *A virtual reality study of help recognition and metacognition with an affective agent*. International Journal of Synthetic Emotions, 2015. **6** (1): pp.60-73.
12. Oker, A., E. Prigent, M. Courgeon, M.V. Eyharabide, M. Urbach, N. Bazin, M.-A. Amorim, C. Passerieux, J.-C. Martin, and E. Brunet-Gouet, *How and why affective and reactive virtual agents will bring new insights on social cognitive disorders in schizophrenia? An illustration with a virtual card game paradigm*. Frontiers in Human Neuroscience, 2015. **9** (133): pp.11.
13. Tsalamlal, M.Y., N. Ouarti, J.-C. Martin, and M. Ammi, *Haptic communication of dimensions of emotions using air jet based tactile stimulation*. Journal on Multimodal User Interfaces, 2015. **9** (1): pp.69-77.

► Chapitres d'ouvrage

1. Denis, M., *Petit traité de l'espace: Un parcours pluridisciplinaire* 2016: Editions Mardaga. 324p.
2. Faur, C., C. Clavel, and J.-C. Martin, *La personnalité comme catalyseur de l'intercompréhension entre un utilisateur et un agent virtuel : le modèle PERSEED*, in *Vers une communication homme-animal-machine ? Contribution interdisciplinaire*, F. Pugnière-Saavedra B. Le Pevedic et C. Jost M. Grandgeorge, Editor. 2015, EME Editions. pp. 17-42.
3. Tapus, A., E. André, J.-C. Martin, F. Ferland, and M. Ammi, *Social Robotics. 7th International Conference, ICSR 2015*. Vol. 9388. 2015: Springer. 717p.

► Conférences à comité de lecture

1. Ammi, M., V. Demulier, S. Caillou, Y. Gaffary, M.Y. Tsalamlal, J.-C. Martin, and A. Tapus. *Haptic Human-Robot Affective Interaction in a Handshaking Social Protocol*. in *IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. 2015. Portland, USA: IEEE. 263-270.
2. Arnaud, A., J.-B. Corrége, C. Clavel, M. Gouiffès, and M. Ammi. *Exploration d'environnement virtuel sur tablette : Comparaison entre des modalités tactiles et tangibles*. in *Conférence Francophone sur l'Interaction Homme Machine*. 2015. Toulouse, France: ACM. 6p.
3. Arnaud, A., J.-B. Corrége, C. Clavel, M. Gouiffès, and M. Ammi. *Exploration of Virtual Environments on Tablet: Comparison Between Tactile and Tangible Interaction Techniques*. in *ACM International Conference on Multimodal Interaction*. 2016. Tokyo, Japan. 357-361.
4. Ben Youssef, A., M. Chollet, H. Jones, N. Sabouret, C. Pelachaud, and M. Ochs. *Towards a Socially Adaptive Virtual Agent*. in *International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2015. Delft, Pays-Bas. 14.
5. Brousmiche, K.-L., J.-D. Kant, and N. Sabouret. *Simulation multi-agent de dynamiques d'attitudes basée sur des données réelles*. in *Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents*. 2016. Rouen, France: Lavoisier. 10.
6. Brousmiche, K.-L., J.-D. Kant, N. Sabouret, F. Prenot-Guinard, and S. Fournier. *From Field Data to Attitude Formation*. in *Conference of European Social Simulation Association*. 2015. Groningen, Pays-Bas. 12.
7. Chen, W., N. Ladeveze, C. Clavel, and P. Bourdot. *Refined Experiment of the Altered Human Joystick for User Cohabitation in Multi-stereoscopic Immersive CVEs*. in *IEEE VR International Workshop on Collaborative Virtual Environments*. 2016. Greenville, South Carolina, USA: IEEE. 1-8.
8. Chen, W., N. Ladeveze, C. Clavel, D. Mestre, and P. Bourdot. *User cohabitation in multi-stereoscopic immersive virtual environment for individual navigation tasks*. in *IEEE Virtual Reality*. 2015. Arles, France. 47-54.
9. Chevalier, P., J.-C. Martin, B. Isableu, C. Bazile, D.-O. Iacob, and A. Tapus. *Joint Attention Using Human-Robot Interaction: Impact of Sensory Preferences of Children with Autism*. in *Robot and Human Interactive Communication*. 2016. New York, USA. 6p.
10. Corrége, J.-B., C. Clavel, J. Christophe, and M. Ammi. *Using Regulatory Focus Theory for a Mobile Device Renovation Application: Nudging Users Towards Building Green Houses*. in *International Conference on Persuasive Technologies*. 2016. Salzburg, Austria: Alexander Meschtscherjakov, Boris De Ruyter, Verena Fuchsberger, Martin Murer, and Manfred Tscheligi. 6-9.
11. Couix, S., V. Boccara, and I. Fucks. *Training design for a not yet existing activity: the case of Remote Monitoring System for Risk Prevention (RMSRP) operator in French Nuclear Power Plants*. in *World Congress Ergonomics*. 2015. Melbourne, Australia. 9.
12. Darty, K., J. Saunier, and N. Sabouret. *Calibration de simulations multi-agents à l'aide d'une méthode semi-automatique d'analyse du comportement*. in *Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents*. 2015. Rennes, France. 10.
13. Delgoulet, C., V. Boccara, K. Carpentier, and D. Lourdeaux. *Designing a virtual environment for professional training from an activity framework. Dialog between ergonomists and computer scientists*. in *World Congress Ergonomics*. 2015. Melbourne, Australia. 2.
14. Eyben, F., K.R. Scherer, B.W. Schuller, J. Sundberg, E. André, C. Busso, L. Devillers, J. Epps, P. Laukka, S. Narayanan, and K. Truong, *The Geneva Minimalistic Acoustic Parameter Set (GeMAPS) for Voice Research and Affective Computing*. *IEEE Transactions on Affective Computing (TAC)*, 2016. **7** (2): pp.190-202.
15. Faur, C., P. Caillou, J.-C. Martin, and C. Clavel. *A Socio-cognitive Approach to Personality: Machine-learned Game Strategies as Cues of Regulatory Focus*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China. 581-587.
16. Faur, C., J.-C. Martin, and C. Clavel. *Matching artificial agents' and users' personalities: designing agents with regulatory-focus and testing the regulatory fit effect*. in *Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. 2015. Pasadena, USA. 662-667.

17. Fourati, N., A. Richard, S. Caillou, N. Sabouret, J.-C. Martin, É. Chanoni, and C. Clavel. *Facial Expressions of Appraisals displayed by a Virtual Storyteller for Children*. in *International Conference on Intelligent Virtual Agents*. 2016. Los Angeles, USA. 10.
18. Fourati, N., N. Sabouret, C. Clavel, A. Richard, É. Chanoni, and J.-C. Martin. *How an expressive virtual storyteller for children should express emotions?* in *Workshop Affects, Compagnons Artificiels et Interaction*. 2016. Brest, France. 6.
19. Gaffary, Y., D.A. Gomez Jauregui, J.-C. Martin, and M. Ammi. *Gestural and Postural Reactions to Stressful Event: Design of a Haptic Stressful Stimulus*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China: IEEE. 988-992.
20. Huguet, L., D. Lourdeaux, N. Sabouret, and M.-H. Ferrer. *Perturbed Communication in a Virtual Environment to Train Medical Team Leaders*. in *Medicine Meets Virtual Reality Conference*. 2016. Los Angeles, USA. 4.
21. Huguet, L., N. Sabouret, and D. Lourdeaux. *Simuler des erreurs de communication au sein d'une équipe d'agents virtuels en situation de crise*. in *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle*. 2016. Clermont-Ferrand. 8.
22. Huguet, L., N. Sabouret, and D. Lourdeaux. *Errare Humanum Est: simulation of communication error among a virtual team in crisis situation*. in *International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing*. 2016. Palo-Alto, USA. 7.
23. Huguet, L., N. Sabouret, and D. Lourdeaux. *Présentation du projet VICTEAMS*. in *Workshop Affects, Compagnons Artificiels et Interaction*. 2016. Brest, France. 2.
24. Huraux, T., N. Sabouret, and Y. Haradji. *Study of Human Activity Related to Residential Energy Consumption Using Multi-Level Simulations*. in *International Conference on Agents and ARTificial intelligence*. 2015. Lisbon, Portugal. 8.
25. Huraux, T., N. Sabouret, and Y. Haradji. *Combiner les expertises au sein d'une simulation multi-agent multi-niveau*. in *Journées Francophones sur les Systèmes Multi-Agents*. 2015. Rennes, France. 10.
26. Huraux, T., N. Sabouret, Y. Haradji, and F. Sempé. *Simulations multi-agents de l'activité humaine : application dans le contexte énergétique résidentiel français*. in *Applications Pratiques de l'Intelligence Artificielle*. 2015. Rennes, France. 8p.
27. Ould Ouali, L., C. Rich, and N. Sabouret. *Plan Recovery in Reactive HTNs Using Symbolic Planning*. in *Conference on Artificial General Intelligence*. 2015. Berlin. 10.
28. Ould Ouali, L., C. Rich, and N. Sabouret. *Réparation de plans dans les HTNs réactifs en utilisant la planification symbolique*. in *Rencontres des Jeunes Chercheurs en Intelligence Artificielle*. 2015. Rennes, France. 6.
29. Ould Ouali, L., N. Sabouret, and C. Rich. *Un modèle pour prendre en compte les relations interpersonnelles dans les stratégies de dialogue*. in *Workshop Affects, Compagnons Artificiels et Interaction*. 2016. Brest, France. 6.
30. Sabouret, N., K. Darty, and J. Saunier. *Calibration of Multi-Agent Simulations through a Participatory Experiment*. in *International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems*. 2015. Istanbul, Turkey. 2.
31. Sabouret, N., B. Schuller, L. Paletta, E. Marchi, H. Jones, and A. Ben Youssef. *Intelligent User Interfaces in Digital Games for Empowerment and Inclusion*. in *International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. 2015. Iskandar, Malaysia. 8p.
32. Tsalamlal, M.Y., J.-C. Martin, M. Ammi, A. Tapus, and M.-A. Amorim. *Affective Handshake with a Humanoid Robot: How do Participants Perceive and Combine its Facial and Haptic Expressions*. in *International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*. 2015. Xi'an, China. 334-340.

► **Congrès sans actes, workshops**

1. Bellik, Y. and C. Clavel. *La géométrie sur le bout des doigts*. in *Conférence Francophone sur l'Interaction Homme Machine*. 2016. Fribourg, Suisse: AFIHM. 2.
2. Brunet, L. and V. Boccara. *Pour une conduite de projet de formation développementale*. in *Congrès de la Société d'Ergonomie de la Langue Française*. 2015. Paris. 1.
3. Brunet, L., G. Le Meur, I. Fucks, and V. Boccara. *Integration of human-factors within the design of a training room within the radiation-protection field - An opportunity to foster the tool's appropriation and develop the trainer's competences*. in *Information System on Occupational Exposure*. 2016. Bruxelles.
4. Brunet, L., G. Le Meur, I. Fucks, and V. Boccara. *Chantier école numérique : le CERNUM - De l'outil aux évolutions de la formation*. in *Société Française de Radioprotection*. 2016. Paris.
5. Corrégé, J.-B. and C. Clavel. *Assistance utilisateur pour une application mobile de rénovation : Considérer la Regulatory Focus Theory*. in *Journée Scientifique des Jeunes Chercheurs en Psychologie*. 2015. Lille. 1.

6. Corrége, J.-B., C. Clavel, and M. Ammi. *Utilisation des normes sociales injonctives pour favoriser la conception de projets de rénovation énergétiquement performants*. in *Journées d'étude interdisciplinaire des jeunes chercheurs en Sciences Cognitives*. 2016. Montpellier. 3.
7. Delmas, R., V. Boccara, and F. Darses. *Analyse de la prise de décision collective en situation de crise pour la conception d'environnement virtuel de formation*. in *Colloque de Psychologie Ergonomique*. 2015. Marseille, France. 10.
8. Laneyrie, E., V. Boccara, I. Fucks, and S. Couix. *Impacts de la simulation sur l'activité des formateurs lors d'une formation expérimentale en prévention des risques*. in *Congrès de l'Association Internationale de Psychologie du Travail de Langue Française*. 2016. Bruxelles, Belgique.
9. Laneyrie, E., L. Brunet, I. Fucks, and V. Boccara. *Orienter le processus de conception d'outils de formation professionnelle par l'analyse des travaux - Exemple de deux projets de formation dans le domaine nucléaire*. in *Association Francophone pour le Savoir*. 2016. Aix en Provence.

VENISE

Virtual & augmented ENvironments for Simulation & Experiments

Patrick Bourdot

VENISE (**V**irtual & **a**ugmented **EN**vironments for **S**imulation and **E**xperiments) est le groupe du LIMSI dont la recherche vise à concevoir et évaluer de nouveaux modèles d'interaction pour la Réalité Virtuelle et Augmentée (RV&A) en général (thème 1), mais aussi à élaborer des approches dédiées pour certaines applications requérant une expertise des domaines sous-jacents (thème 2). Transversalement à ces deux axes, nous nous efforçons de rendre nos modèles suffisamment génériques pour qu'ils s'appliquent à une large gamme d'environnements immersifs, qu'ils soient individuels, collaboratifs, et/ou multi-sensorimoteurs. Notre questionnement sur les tâches et l'activité des utilisateurs en RV&A est aussi omniprésent pour justifier la valeur ajoutée de nos approches par rapport aux autres techniques en IHM. Plus fondamentalement, nous étudions les problématiques perceptives et cognitives spécifiques à notre domaine, comme par exemple les incohérences sensorimotrices, le *cybersickness*, les sensations d'immersion et de présence, voire nous nous interrogeons sur les possibles évolutions de leurs formalisations actuelles.

Les travaux de recherche du groupe passent par le développement de différents démonstrateurs, certains dédiés à des études ergonomiques de paradigmes ou à des expérimentations perceptives, d'autres plus orientés vers l'analyse de scénarios d'utilisation liés à différents domaines d'application. Une partie de notre activité concerne aussi la gestion et la visibilité de notre grand équipement immersif de type CAVE que nous avons conçu à partir des années 2000 et inauguré en 2010. Baptisé EVE (Evolutive Virtual Environment), ce dispositif est notre principal instrument scientifique. Ses spécificités technologiques majeures sont de permettre l'immersion multi-utilisateur (double stéréoscopie) mais aussi multi-sensorimotrice (Audio 3D et Haptique). Initialement cofinancé par le CNRS et le RTRA Digiteo, l'une de ses dernières évolutions a été l'implantation d'un bras haptique 6 DdL combiné à un portique robotique translationnel 3 DdL permettant des retours d'efforts sur les 13 m² du système EVE. Ces évolutions résultent de notre participation à l'Equipex DIGISCOPE (labellisé en 2010) et au projet DIGIPODS (SESAME 2012 du Conseil Régionale d'Ile de France). Durant la période 2015-2016, ces projets ont permis à l'équipe de diversifier ses équipements immersifs en se dotant de casques de réalité virtuelle ou de réalité augmentée de dernière génération. L'objectif est de généraliser nos travaux en collaboration immersive multi-sensorimotrice à des situations distantes et à des scénarios de télé-opération, et de bénéficier de ces technologies pour mener de nouvelles expérimentations.

L'ensemble de ces travaux de recherche se développe dans un écosystème tant local que national et international. Au niveau européen, nous sommes fortement impliqués dans EuroVR, l'association européenne de RV&A. Membre de son Executive Board depuis sa création, nous en assumons la Vice-Présidence depuis 2015, en charge des relations avec le milieu académique et de l'organisation des conférences. Dans ce contexte, et suite à l'organisation de JVRC 2013, nous avons poursuivi notre action dans l'émergence d'une nouvelle conférence internationale en Italie (cf. Salento AVR 2015 et 2016), et avons rédigé la charte pour l'organisation des conférences annuelles de EuroVR qui sert de base à l'organisation de sa prochaine édition prévue en France au Laval Virtual Center.

Au niveau national, nous sommes partenaire de l'Equipex DIGISCOPE qui s'achèvera en décembre 2019. Initié sur deux équipements existants (dispositif WILD du LRI, et version inaugurale du système EVE du groupe VENISE), ce projet est en train de créer sur le Plateau de Saclay un réseau unique d'équipements et d'expertise pour la visualisation et l'interaction collaborative avec données massives et complexes. Notre contribution scientifique concerne naturellement les collaborations immersive et multi-sensorimotrices, qu'elles soient co-localisées ou distantes. Dans ce contexte, nous avons poursuivi ou lancé plusieurs partenariats, tel que celui mené jusqu'en mars 2015 avec le LSI du CEA-LIST dans le cadre du projet IDCeM soutenu par le RTRA DIGITEO. Nous avons poursuivi notre collaboration avec PSA Peugeot-Citroën, partenaire associé de l'Equipex DIGISCOPE, dans le cadre de la thèse qu'a commencée *Yujiro Okuya* en octobre 2015 sur les interactions collaboratives distantes entre dispositifs hétérogènes pour des applications au design industriel. Enfin, depuis 2016 nous avons engagé des discussions avec le CMLA de l'ENS Cachan (*Florian de Vuyst*) et la Maison de la Simulation (*Edouard Audit*), deux autres partenaires de cet Equipex, pour proposer un sujet de thèse commun concernant les jeux sérieux en Réalité Virtuelle pour l'enseignement et la recherche en Mécanique des Fluides.

1 - Thème « Modèles d'Interaction en RV&A »

P. Bourdot, N. Férey, J.-M. Vézien, N. Ladevèze, W. Chen, M. Trellet, X. Martinez, Y. Okuya

1.1. Navigations virtuelles

Un problème récurrent dans la plupart des applications de RV&A est de disposer de fonctionnalités interactives intuitives et ergonomiques pour se déplacer dans des mondes virtuels ou augmentés presque infinis, alors que l'espace de travail des dispositifs immersifs est généralement de taille limitée (du fait d'écrans et/ou du système de capture des mouvements). Le groupe VENISE travaille depuis longtemps sur ce type de problématiques, en particulier sur un paradigme nommé HCNav (**H**and-free **C**ontrol for virtual **N**avigations, ou **H**ead **C**ontrol for virtual **N**avigations). Initialement conçu pour libérer les mains de l'utilisateur de la tâche de contrôle de la navigation, des travaux plus récents (publiés en 2013) ont montré que, comparativement à d'autres techniques de navigation virtuelle (*Joypad...*), notre paradigme permettait de limiter les effets du *cybersickness*, ou mal du simulateur. Cette technique a été revisitée dans le cadre de nos travaux sur la gestion des collaborations immersives (voir sous-thème 1.3).

Dans le cadre de la thèse de Mikaël Trellet des travaux ont aussi été menés pour proposer des paradigmes de navigation adaptés aux structures moléculaires. Ces paradigmes ont été conçus en tenant compte d'une part, des propriétés géométriques, architecturales et de symétrie des complexes moléculaires, et d'autre part, des tâches des utilisateurs biologistes visés. À partir de ces propriétés, des guides à la fois en position et en orientation ont été proposés pour contraindre la navigation de manière adaptée à l'objet observé. Nous avons pointé l'importance de prendre en compte les contenus dans la conception des paradigmes de navigation, en particulier si les contenus à explorer sont scientifiques et non écologiques. Pour que ces techniques de navigation puissent aussi s'appliquer à des contextes d'interaction 3D non immersifs, nous avons formalisé ces paradigmes en deux couches distinctes et indépendantes, l'une orientée « contrôle » qui dépend des dispositifs de navigation disponibles, l'autre orientée « contraintes » appliquée à la navigation qui dépend du contenu et/ou de la nature de l'activité. L'objectif de ces travaux étant de faciliter le repérage spatial dans ces contenus complexes, ainsi que de rendre plus performantes les activités d'observation et de manipulation des complexes moléculaires, ce travail a été réalisé en collaboration avec le Laboratoire de Biochimie Théorique (UPR CNRS 9080), notamment en testant et en intégrant certains de ces paradigmes dans les outils logiciels conçus pour leur domaine d'expertise comme UnityMol.

Une autre contribution concerne la recherche de point de vue optimal. En effet, dans les grandes structures comprenant plusieurs millions d'atomes, les zones d'intérêt peuvent devenir compliquées à identifier visuellement en raison de la densité des atomes environnants, voire de leur profondeur dans le complexe moléculaire et des occultations qui en résultent. Pour résoudre ce problème, nous avons développé un algorithme qui fournit le meilleur point de vue de la caméra, étant donné une cible et sa distance à la caméra. Cet algorithme prend en compte les atomes voisins d'une cible donnée, et calcule les plus grands cônes de vue, à l'aide d'un diagramme de Voronoi pour déterminer les bases de cônes ayant le plus grand rayon. L'algorithme, qui a une faible complexité, est en mesure de fournir presque instantanément une liste des vues les plus dégagées sur une cible. Il permet à l'utilisateur de choisir entre plusieurs points de vue optimaux, et même au système de calculer des trajectoires de caméra en temps interactif pour passer d'une vue optimale à une autre.

Les descriptions des principaux algorithmes de ces paradigmes de navigation orientés contenus ont été publiées dans les actes du IEEE VR 2015 International Workshop in Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS 2015). Des évaluations en termes de cybersickness et de gain pour l'activité des utilisateurs biologistes sont encore à mener pour conclure ces travaux.

1.2. Canaux sensorimoteurs

Ce sous-thème vise à développer de nouvelles métaphores et des paradigmes interactifs basés sur les trois principaux canaux sensorimoteurs de la RV&A, à savoir la stéréoscopie visuelle, l'audio 3D et l'haptique.

Dans le contexte de l'installation du dispositif Scale One / Boom 3D de HAPTION dans le système EVE, des travaux ont été menés pour améliorer l'ergonomie de ce périphérique haptique dans des systèmes de type CAVE, qu'ils soient ou non multi-stéréoscopiques. Nous avons par exemple observé qu'il était nécessaire d'ajouter un degré de liberté (DdL) supplémentaire sur le portique de ce périphérique, pour permettre la reconfiguration (X,Y,Z,Rz) de la base transportée de ce bras en cours de simulation par rapport aux déplacements de l'utilisateur dans un CAVE. Cela supposait que le contrôleur haptique puisse modifier en temps réel le positionnement du périphérique en fonction du mouvement de la tête de l'utilisateur, et non plus sur le seul mouvement de sa main comme nativement géré sur ce dispositif (projet « IDCoM » du RTRA Digiteo). Ceci a permis de développer une bibliothèque de rendu Visuo-Haptique (VHR) qui sert d'ores-et-déjà pour les travaux de thèse de *Yujiro Okuya* pour le rendu des abaques haptiques pour l'aide à la déformation d'objets CAO (voir sous-thème 2.3).

VENISE a aussi poursuivi sa collaboration initiée en 2011 avec le groupe AA pour factoriser, dans la plateforme logicielle open source BlenderVR, nombre des paradigmes interactifs de RV&A que nous concevons. Cette activité a fait l'objet d'une publication d'un article court dans les actes IEEE VR 2015. Enfin, la faisabilité de l'intégration du rendu haptique dans BlenderVR a été étudiée. L'interfaçage du simulateur physique Bullet avec la bibliothèque visio-haptique VHR nous permettra d'aborder la problématique de la collaboration multi-sensorimotrice, l'un de nos objectifs scientifiques dans le projet DIGISCOPE.

1.3. Collaboration immersive

Cette activité de recherche s'appuie sur les capacités du système EVE et sur sa connexion avec les différentes autres plateformes de l'Equipex DIGISCOPE (CAVE du CEA/LIST, Mur stéréoscopique de l'ENS Cachan, WILDER du LRI...). Les travaux sur la collaboration distante seront abordés dans le sous-thème 2.3. Pour ce qui est de la collaboration immersive co-localisée, cette période a été marquée par l'achèvement de la thèse de Weiya Chen en décembre 2015.

Bien que réputés propices aux tâches collaboratives co-localisées, la plupart des systèmes immersifs à base de grands écrans ne calculent qu'un seul relief stéréoscopique par écran, soit pour un point de vue moyen (pseudo-stéréoscopie), soit pour le leader de l'interaction virtuelle. L'alternative est la multi-stéréoscopie qui permet une perception binoculaire exacte de la profondeur pour plusieurs utilisateurs. Au-delà des aspects technologiques, la multi-stéréoscopie pose des questions sur la transformation des processus collaboratifs dans des dispositifs immersifs, problématique que le système EVE permet d'aborder grâce à sa configuration double-stéréoscopique. Deux aspects de cette problématique ont été étudiés au cours de la thèse de *Weiya Chen* : l'impact de certaines incohérences perceptives liées à la multi-stéréoscopie, ainsi que la gestion de la cohabitation des utilisateurs dans l'espace physique d'un dispositif multi-stéréoscopique. Dans cet espace physique, les utilisateurs peuvent d'une part, occulter mutuellement leurs champs visuels stéréoscopiques sur les écrans du dispositif, et d'autre part, entrer en collision lorsque qu'ils ne se voient pas mais se dirigent l'un vers l'autre. À défaut d'anticiper algorithmiquement ces problèmes de cohabitation, ceux-ci peuvent introduire des biais en virtuel par rapport à des activités similaires en réel, voire rendre inutilisable la multi-stéréoscopie. Le scénario prototypique sous-jacent est une tâche d'assemblage virtuel. L'approche générale fut d'exploiter des paradigmes de navigation virtuelle pour repositionner les utilisateurs de sorte à empêcher les occultations visuelles et les collisions entre utilisateurs. Cependant, « rediriger » des utilisateurs dans des mondes virtuels est connu pour pouvoir produire du *cybersickness*. Pour compenser l'accroissement de cette sensation que toute méthode de redirection des utilisateurs tend à introduire, il fallait donc partir d'une technique de navigation produisant au contraire peu d'effet de ce type, propriété que nous avons pu démontrer en 2013 sur notre paradigme du HCNav (comme évoqué au sous-thème 1.1). C'est pourquoi nous avons choisi de faire évoluer ce paradigme pour qu'il puisse gérer la cohabitation spatiale de plusieurs acteurs dans des systèmes multi-stéréoscopiques.

La première évolution a été d'abandonner le gain linéaire du HCNav initial et de rajouter des contraintes, une fonction divergente pour calculer la vitesse de déplacement en translation des collaborateurs dans le monde virtuel, une frontière mobile séparant les deux espaces de travail propres à chacun des utilisateurs une fonction quadratique sur le gain de contrôle des déplacements en rotation, mais aussi introduit une direction neutre adaptative par rapport au placement de l'autre utilisateur. Sur cette évolution, nous avons mené une première expérimentation inspirée du scénario décrit ci-dessus. Les principaux résultats de cette étude sont que la solution proposée ne perturbe pas vraiment les utilisateurs (en temps d'exécution, en longueur des trajectoires virtuelles, en taux de réussite et en cybersickness), et qu'elle permet bien de prévenir les occultations entre sujets. Ces travaux et leur évaluation ont été publiés à IEEE VR 2015. Cependant, cette approche s'était révélée décevante sur la gestion des collisions entre utilisateurs. Ayant observé que les sujets utilisaient rarement la portion de la fonction au-delà de l'intersection avec le gain linéaire, nous avons modifié la pente du gain de la fonction divergente en translation. Par ailleurs, nous avons introduit une position neutre adaptative par rapport au placement de l'autre utilisateur, à l'instar de la direction neutre adaptative pour la gestion des occultations. Nous avons mené une nouvelle expérimentation dont les principaux résultats sont que la modification de la pente de la fonction divergente du gain en translation a une influence significative sur l'efficacité de la navigation, mais surtout sur la capacité de cohabitation des utilisateurs. Ce travail a été publié dans les actes IEEE VR 2016 International Workshop on Collaborative Virtual Environments (3DCVE 2016).

Outre ces publications et la thèse de *Weiya Chen* (aujourd'hui Assistant-Professor de Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, Chine), l'ensemble de nos travaux menés sur ce sujet depuis octobre 2012 nous a amené à faire *deux conférences invitées*, l'une en septembre 2015 en Italie lors du 2nd International Conference on Augmented and Virtual Reality (SALENTO AVR 2015), et l'autre en mars 2016 à l'Ecole des Mines dans le cadre d'une Journée du GT « Réalité Virtuelle & Interaction » du GDR IG-RV de l'INS2I.

1.4. Réalité Mixte

La Réalité Mixte ou Augmentée connaît un fort regain d'intérêt avec l'arrivée de systèmes de visualisation « sur étagère » de nouvelle génération (tracking sans marqueur, casques *see-through*, interaction voix-geste). Une partie de notre activité consiste à anticiper ces usages en développant des démonstrateurs exploitant ces nouveaux dispositifs. En termes de recherche, celle-ci s'est développée au sein d'applications spécifiques, d'une part sur le couplage d'une interface tangible et de technique de Réalité Augmentée en Bioinformatique (voir sous-thème 2.1), d'autre part sur l'usage de la Réalité Augmentée pour l'aide à l'assemblage (voir sous-thème 2.3).

2. Thème « Modèle de Données et de Simulation »

N. Férey, J.-M. Vézien, P. Bourdot, N. Ladevèze, M. Trellet, A. Kouyoumdjian, X. Martinez, Y. Okuya

2.1. Interaction avec des Simulations Moléculaires

Ce sous-thème concerne tout d'abord les travaux de Mikaël Trellet. Outre les recherches sur la navigation virtuelle orientée par le contenu (rapportées au sous-thème 1.1), la problématique fondamentale de cette thèse était la Visualisation Analytique Immersive de Données de Simulation Numérique en Bioinformatique.

Les activités de collecte et d'analyse de résultats utilisent actuellement un contexte de travail non interactif en « ligne de commandes » ou basé sur des scripts spécifiques aux outils d'analyse. Il en résulte que l'usage de la Réalité Virtuelle en Bioinformatique se limite souvent à l'exploration de scènes pour la visualisation 3D des structures moléculaires. À l'instar du *Visual Analytics*, l'objectif de ces travaux est de rapprocher ces différentes activités (exploration/analyse), au sein d'un contexte interactif et immersif homogène et unifié. Outre l'optimisation de l'activité, l'objectif est plus fondamentalement de présenter de manière conjointe et simultanée les structures moléculaires et leurs analyses, et de permettre la manipulation simultanément de ces différentes informations par des interactions directes en situation immersive. Pour répondre à ces objectifs, nous avons là aussi proposé une approche guidée par la sémantisation systématique des contenus pour outiller l'interaction. Les concepts formalisés, associés à la base de faits qui décrivent de manière sémantique l'objet scientifique étudié, mais aussi ses différentes représentations, a démontré la faisabilité d'aboutir à une nouvelle génération d'applications regroupant toutes les activités de la biochimie théorique (exploration, visualisation, analyse, simulation, modélisation) dans un seul contexte interactif, en concrétisant par l'interaction et des feedback visuels les liens qui existent entre ces différents concepts représentés différemment. Cette formalisation sémantique des faits caractérisant le contenu moléculaire s'appuie sur RDF (*Resource Description Framework*), RDFS (RDF Schema), elle-même complétée par OWL¹ pour la formalisation des connaissances du domaine. Chaque événement d'interaction sur les différentes représentations conduit à une requête SPARQL pour extraire les concepts et les données concernées dans toutes les représentations, et ainsi créer des liens interactifs entre ces représentations.

La formalisation sémantique des contenus moléculaires, de leurs représentations visuelles, des commandes applicatives des outils logiciels, nous a aussi permis de développer un prototype de moteur d'interprétation efficace qui peut transformer une commande vocale peu structurée composée de mots-clés dans une commande d'application. Une de nos perspectives est bien entendu d'exploiter ce moteur d'interprétation dans une interface immersive multimodale vocale et gestuelle. L'évaluation de l'ensemble de cette approche est en cours et s'appuie sur la méthode HTA (*Hierarchical Task Analysis*) qui consiste en une division des tâches primaires en sous-tâches, jusqu'à atteindre un degré de précision suffisant pour pouvoir leur associer un temps d'exécution précis. Cette méthode permet d'analyser des tâches similaires effectuées dans des conditions très différentes, et semble donc particulièrement intéressante pour comparer des nouveaux modes de travail (comme les situations immersives pour l'analyse de données) avec des situations classiques (stations de travail), tant en termes de méthodologie de travail que de performance, et ce avec un faible nombre de sujets (comme c'est souvent le cas pour des applications expertes). La présentation détaillée de ces travaux a été publiée dans les actes du IEEE VR 2016 International Workshop on Immersive Analytics (IA 2016).

En parallèle, nous menons aussi des travaux fondamentaux en IHM, concernant le picking de cibles mobiles. Cette problématique est née de l'observation de difficultés lors du contrôle de simulation moléculaire, ou celles rencontrées par l'utilisateur pour sélectionner un atome ou un groupe d'atomes très mobiles, pendant une simulation en cours. Ce travail est mené dans le cadre de la thèse d'*Alexandre Kouyoumdjian*. Au cours de simulations moléculaires interactives, l'utilisateur applique interactivement sur les rendus visuels instantanés des contraintes de force à l'aide de dispositifs d'interaction classiques 2D ou 3D, sur un ou plusieurs atomes, forces qui sont prises en compte par la simulation. Dans cette interaction directe avec la molécule, la tâche de sélection qui précède l'application de la

¹ Web Ontology Language

contrainte de force est extrêmement ardue, car le nombre de cibles potentielles est très élevé, et que ces cibles se déplacent de manière erratique et difficilement prévisible à l'échelle atomique. Cette thèse, que nous codirigeons avec *Stéphane Huot* (équipe « *Mjolnir* » de l'INRIA-Lille), vise d'une part, à revisiter nos approches haptiques et audio-haptiques abordées antérieurement (cf. thèse de *Bob Ménélas*) pour les étendre à des cibles mobiles, et entend d'autre part, étudier la généralité de ces paradigmes de sélection pour qu'ils soient exploitables avec des rendus visuels pseudo-haptiques, de sorte à pouvoir aussi gérer des environnements sans périphérique à retour d'effort.

Une de nos premières contributions, publiée en papier court dans les actes du IEEE VR 2015 International Workshop in Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS 2015), a été de caractériser la performance de la sélection en fonction de la prévisibilité des cibles en mouvement sur la base trois paramètres : vitesse de la cible, fréquence à laquelle elle change de direction, et amplitude de ces changements de direction. Nous avons ensuite mené des études ergonomiques sur des situations 2D et des sélections avec souris, et avons pu montrer que pour une vitesse donnée, la sélection est relativement facile lorsque la fréquence et l'amplitude des changements de direction sont tous deux faibles ou alors élevés (mouvements stables ou alors vibratoires), et très difficile autrement (mouvement saccadés). Les résultats de ces expérimentations ont fait l'objet d'un article long dans les actes de la conférence internationale INTERACT 2015.

Une autre activité de recherche concerne l'utilisation d'interfaces tangibles dédiées à la biologie structurale. Le projet ANR « CoRSAIRE » notamment avait montré l'absolue nécessité de concevoir des interfaces plus riches pour manipuler des objets moléculaires complexes. Dans le cadre de la thèse de *Xavier Martinez*, nous abordons cette problématique par une approche de jeu sérieux, dont la finalité est la recherche et l'enseignement. Dans ce jeu sérieux, l'étudiant ou le scientifique a pour tâche de construire et manipuler une interface tangible déformable du peptide, dont le *tracking* temps-réel doit permettre, durant la construction et manipulation, de capturer la configuration de l'objet tangible déformable. À terme, une approche d'augmentation virtuelle est envisagée, la reconstruction temps-réel d'un modèle virtuel de l'objet manipulé permettant de le placer dans son environnement protéique, en complétant la représentation atomique de l'interface tangible par d'autres représentations moléculaires classiques. Pour atteindre ces objectifs, nous avons établi une collaboration avec *Promita Chakraborty* (Quezy Lab, Sunnyvale, California, USA) qui a conçu un modèle physique modulaire et flexible nommée *Peppyptides*, incluant même un rendu réaliste d'énergies à base de petits aimants. Nous avons ainsi pu disposer d'une représentation numérique exacte des composants moléculaires du modèle physique. Ensuite nous nous sommes concentrés sur la reconstruction 3D pour transformer ce modèle physique en interface tangible de peptide. En particulier, nous avons adapté la technique de *Structure from Motion* (SFM) initialement conçue pour des objets réalistes beaucoup plus résolus, en aidant et complétant la reconstruction 3D par des informations biologiques. Ce travail a déjà des retombées auprès d'enseignants en biologie.

Le principe de cette approche a été publié dans un papier court au IEEE VR 2015 International Workshop in Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS 2015). Un papier long sur les résultats et l'évaluation de cette méthode a été publié dans les actes de la conférence EuroVR 2016 et de plus primé Best Paper Award. En outre, comme support à ces travaux de thèse, une plateforme d'exploration immersive et de manipulation de structure moléculaire a été développée sur UnityMol, plateforme qui a été présentée en démonstration durant la même conférence.

2.2. Exploration de simulations en Mécanique des fluides

Le projet *FluidMEAT*, financé par le LIDEX « *Center for Data Science* » de Paris-Saclay, avait pour objectif de développer des outils d'aide à l'annotation située dans un contexte immersif et dans un contexte web, à destination des mécaniciens des fluides, pour constituer un corpus utilisable pour la caractérisation des phénomènes par apprentissage automatique.

L'un des principaux résultats de ce projet a été d'acquérir une expertise et de développer des outils logiciels, pour pouvoir explorer des données massives de mécanique des fluides dans le logiciel ciblé pour l'annotation, à savoir Paraview. Par ailleurs, une méthode originale d'aide à l'annotation, en particulier dans un contexte de rendu haptique de points singuliers, très coûteuse en temps de calcul (puisque'il s'agit d'engendrer un champ scalaire représentant un paysage de probabilité de présence de points singuliers à partir du champ de vitesse) a pu être portée sur GPU en OpenCL.

2.3. Conception et assemblage de produits

Durant les périodes précédentes, cette problématique visait l'amélioration de l'intuitivité des interfaces des logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) en élaborant différents modèles de couplage avec les solutions interactives apportées par la multimodalité et la RV. Contrairement aux autres approches centrées transfert de données de bas niveau (approximations polyédriques des objets CAO ou Mesh, par nature « non modifiables » en RV), l'inter-

façage RV-CAO que nous préconisons vise fondamentalement à exploiter toutes les potentialités des modèles et méthodes des systèmes de CAO existants (Grphe d'Historique, B-Rep, Naming, Features, modèles paramétriques...). Il devient alors possible, par une interaction directe avec les objets 3D dans des dispositifs immersifs, de modifier en temps réel ces objets dans le format de données natif d'un système CAO cible. Ceci a permis la réalisation du démonstrateur VRAD (Virtual Reality Aided Design) faisant la preuve de faisabilité de nos concepts sur un modèleur open source (cf. Open CASCADE), et du démonstrateur CreaRV, généralisant et démontrant l'applicabilité de notre approche à des systèmes commerciaux et/ou fermés (par exemple CATIA) sur lesquels la plupart des industriels appuient leurs activités de conception.

De nouveaux travaux ont été lancés sur CreaVR en collaboration avec l'équipe « Ex Situ » de l'INRIA dans le cadre de la thèse que *Yujiro Okuya* a commencée en octobre 2015. Ils visent l'élaboration d'un modèle d'interface sensorimotrice susceptible de polyvalence entre dispositifs interactifs hétérogènes, principalement à base de visualisation interactive à large écran (Mur d'Images) et de salles immersives (CAVE). Le contexte de ce travail est le besoin croissant des industriels, lors de la conception et la revue modificative de projets, d'interactions collaboratives efficaces dans des dispositifs visuels et/ou immersifs de grande taille, qui seuls permettent des activités à échelle 1 sur les maquettes numériques complexes de leurs projets. Ces nouveaux modes de travail (large dispositif, immersion, collaboration) permettent des gains de productivité dans la conception du produit, mais l'interaction avec les contenus 3D dans ces types de dispositifs manque encore beaucoup trop de précision, a fortiori lorsque celle-ci vise des phases collaboratives (co-manipulation, et surtout, co-modification de formes). Notre démarche est d'étudier l'interchangeabilité et l'interopérabilité des approches Haptiques et Pseudo-Haptiques pour élaborer plus globalement un modèle sensorimoteur susceptible d'être déclinable suivant les technologies disponibles sur différents dispositifs interactifs interconnectés, et ce donc pour la conception collaborative et la revue modificative multi-site de projets.

Au cours de cette première année de thèse, nous avons revisité l'approche haptique d'aide à l'édition en CAO existante. Si en terme de sélection de formes CAO nous reprenons quasi intégralement du modèle, il en est tout autrement pour leur modification, où nous avons dû concevoir un nouveau modèle orienté « abaque de déformation », dans la suite des travaux du stage de Master de *Rémi Cambuzat*. Le principe est de donner à percevoir haptiquement et en temps réel plusieurs états valides d'un modèle CAO générés par un échantillonnage dans un intervalle de variation d'un paramètre de construction donné (rayon de courbure, valeur de distance...). Cette perception est basée sur un calcul de distance et un retour d'effort sur 5 DdL exprimé à la fois sur et entre abagues successives. L'originalité de cette nouvelle métaphore d'interaction est simultanément, d'une part de permettre une perception de la surface 3D issue d'une abaque par un asservissement visio-haptique pour maintenir une contrainte tangence entre le curseur haptique et la forme 3D, et donner la possibilité à l'utilisateur de lutter contre cet asservissement afin d'en modifier la cible, traduisant ainsi sa volonté de sélectionner une abaque et donc une valeur de paramètre différente. Ainsi le choix d'une déformation n'est pas le résultat d'une simple proximité en position avec les abagues calculés, mais d'une proximité pondérée entre 3 DdL de position et 2 DdL de clinométrie par rapport aux surfaces de ces abagues. A ce jour, nous entamons les premières expérimentations de ce modèle sur les exemples tests du démonstrateur CreaRV, et espérons soumettre prochainement un papier.

Par ailleurs, des travaux sur l'aide à l'assemblage par Réalité Augmentée ont été lancés, dans le cadre d'un stage de M1 qui sera complété en M2 en 2017 (*Nawel Khenak*). En effet, les interfaces haptiques étant parfois inexploitable dans certains contextes d'assemblages, nous étudions des alternatives pour l'assistance aux utilisateurs lors d'opérations de ce type, par le biais de visualisations alternatives sur les zones de montage quand celles-ci présentent diverses occultations. Un scénario prototype a été défini (insertion d'une cheville entre deux pièces coulissantes), plusieurs conditions ont été implémentées : sans augmentation, augmentation par transparence, augmentation par guides (axes d'insertion, distance à l'objectif). Le prototype a été développé sur un support de type tablette, l'objectif est maintenant de le porter sur un dispositif de type visiocasque (*Hololens*) et de procéder aux évaluations.

Personnel VENISE

Permanents

Nom	Prénom	Position	HDR	Organisme	Arrivée
Bourdot	Patrick	DR2	oui	CNRS	01/10/1992
Férey	Nicolas	MC		U-Paris-Sud	01/11/2009
Vézien	Jean-Marc	IR1		CNRS	04/01/2002

Non-permanents

Nom	Prénom	Statut	Arrivée	Départ
Chen	Weiya	Doctorant	01/10/2015	07/03/2016
Kouyoumdjian	Alexandre	Doctorant	01/10/2013	
Kooli	Amani	CDD	01/10/2013	31/12/2017
Ladevèze	Nicolas	CDD	01/01/2015	31/03/2016
Martinez	Xavier	Doctorant	01/10/2014	
Okuya	Yujiro	Doctorant	01/10/2015	
Tezier	Gabriel	CDD	01/06/2012	31/05/2015
Thorpe	Jonathan	CDD	01/10/2013	31/12/2017
Trellet	Mikaël	Doctorant	01/10/2012	18/10/2015

Stagiaires

Nom	Prénom	Arrivée	Départ
Cambuzat	Rémi	16/03/2015	25/09/2015
Khenak	Nawel	01/03/2016	31/08/2016
Li	Hang	01/09/2015	29/02/2016
Malon	Xavier	18/01/2016	04/03/2016
Wang	Mengchen	18/04/2016	30/09/2016
Xu	Qin	13/06/2016	02/09/2016
Zhang	Yiran	17/05/2016	09/09/2016

Contrats de recherche et valorisation

VENISE : Contrats institutionnels sur financement public								
	Acronyme	Financier/ Partenaire	Programme/ Instrument	Coordinateur	Responsable LIMSI	Début	Fin	Part LIMSI €
ANR Collaborations de recherche	ExaViz	ANR	Modèles Numériques	N	Ferey Nicolas	01/09/2011	31/08/2015	120 536
		IDEX	Labex Digicosme	N	Bourdot Patrick	24/03/2016	30/06/2016	3 500
	SensoMotor-CVE	IDEX	Labex Digicosme	O	Bourdot Patrick	01/10/2015	30/09/2018	109 000
	IDCoM	Digiteo		O	Bourdot Patrick	02/09/2013	01/03/2015	76 950
	FLuiMeAT	IDEX	Lidex CDS	N	Ferey Nicolas	10/07/2014	31/12/2015	50 000
	DIGISCOPE	IDEX	Equipex	N	Bourdot Patrick	01/03/2011	31/12/2019	687 383
	DIGIPODS	Région Ile de France	SESAME	N	Vézien Jean-Marc	09/01/2012	08/01/2027	147 500

Production scientifique VENISE 2015-2016

► Thèses et HDR

1. Chen, W., *Collaboration in Multi-user Immersive Virtual Environments* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 15/12/2015, 167 p.
2. Trellet, M., *Exploration et analyse immersives de données moléculaires, guidées par la tâche et la modélisation sémantique des contenus* 2015, thèse de l'Université Paris-Saclay. Soutenue à Orsay, le 18/12/2015.

► Conférences à comité de lecture

1. Chen, W., N. Ladeveze, C. Clavel, and P. Bourdot. *Refined Experiment of the Altered Human Joystick for User Cohabitation in Multi-stereoscopic Immersive CVEs*. in *IEEE VR International Workshop on Collaborative Virtual Environments*. 2016. Greenville, South Carolina, USA: IEEE. 1-8.
2. Chen, W., N. Ladeveze, C. Clavel, D. Mestre, and P. Bourdot. *User cohabitation in multi-stereoscopic immersive virtual environment for individual navigation tasks*. in *IEEE Virtual Reality*. 2015. Arles, France. 47-54.
3. Fleury, C., N. Férey, J.-M. Vézien, and P. Bourdot. *Remote collaboration across heterogeneous large interactive spaces*. in *IEEE VR International Workshop on Collaborative Virtual Environments*. 2015. Arles, France: IEEE. 9-10.
4. Katz, B., D. Felinto, D. Touraine, D. Poirier-Quinot, and P. Bourdot. *BlenderVR: Open-source framework for interactive and immersive VR*. in *IEEE Virtual Reality*. 2015. Arles, France. 203-204.
5. Kouyoumdjian, A., N. Férey, P. Bourdot, and S. Huot. *Characterizing the Influence of Motion Parameters on Performance When Acquiring Moving Targets*. in *15th Conference in Human-Computer Interaction*. 2015. Bamberg, Germany: Springer International Publishing. 148-155.
6. Kouyoumdjian, A., N. Férey, and P. Bourdot. *From Molecular Dynamics in Virtual Reality Environments to Fundamental Questions about Human-Computer Interaction*. In *Proc. the IEEE VR 2015 International Workshop in Virtual and Augmented Reality for Molecular Science (VARMS 2015)*. Arles, France. March 2015.
7. Martinez, X., N. Férey, J.-M. Vézien, and P. Bourdot. *Virtual structure reconstruction and energy estimation of a peptide from a physical tangible interface*. in *International Workshop on Virtual and Augmented Reality for Molecular Science*. 2015. Arles, France: IEEE. 41-42.
8. Martinez, X., N. Férey, J.-M. Vézien, and P. Bourdot. *Towards a molecular tangible interface based on a modular physical model markerless tracking*. in *EuroVR conference*. 2016. Athènes (Grèce). 6p.
9. Martinez, X., S. Doutreligne, P. Bourdot, and M. Baaden, *A VR framework prototype for immersive exploration and manipulation of molecular structures based on UnityMol*. *EuroVR*, 2016. **1** (1): pp.2.
10. Trellet, M., N. Férey, M. Baaden, and P. Bourdot. *Content and task based navigation for structural biology in 3D environments*. in *International Workshop on Virtual and Augmented Reality for Molecular Science*. 2015. Arles, France: IEEE. 31-36.
11. Trellet, M., N. Férey, M. Baaden, and P. Bourdot. *Interactive Visual Analytics of Molecular Data in Immersive Environments via a Semantic Definition of the Content and the Context*. in *IEEE International Workshop on Immersive Analytic*. 2016. Greenville, South Carolina, USA. 6p.

► Congrès sans actes, workshops

1. Sacco, M. and P. Bourdot. *EuroVR: an VAR association to connect providers, end-users, industries, academics and researchers*. in *International Conference on Augmented and Virtual Reality*. 2016. Otranto (Italie).

VIDA

Virtualité, Interaction, Design et Art

Nathalie DELPRAT et Christian JACQUEMIN

La thématique transversale art-science VIDA s'articule autour de deux axes complémentaires : la réalisation, en collaboration avec des artistes, d'œuvres couplées à des recherches scientifiques et une approche réflexive sur la dimension créative de la science, notamment la place des scientifiques dans le partenariat avec les artistes et le développement artistique de leurs travaux.

Recherches et créations en art-science

Plusieurs projets art-science ont été réalisés ou se sont poursuivis en 2015-2016. Ils couvrent un vaste champ scientifique (thermo-acoustique, informatique graphique, audio, réalité augmentée, sciences cognitives) et concernent de multiples formats artistiques (dispositifs interactifs, installations vidéo, performances, concerts). L'implication des membres de différents groupes dans les deux départements illustre le caractère interdisciplinaire de ces projets (fig.1).

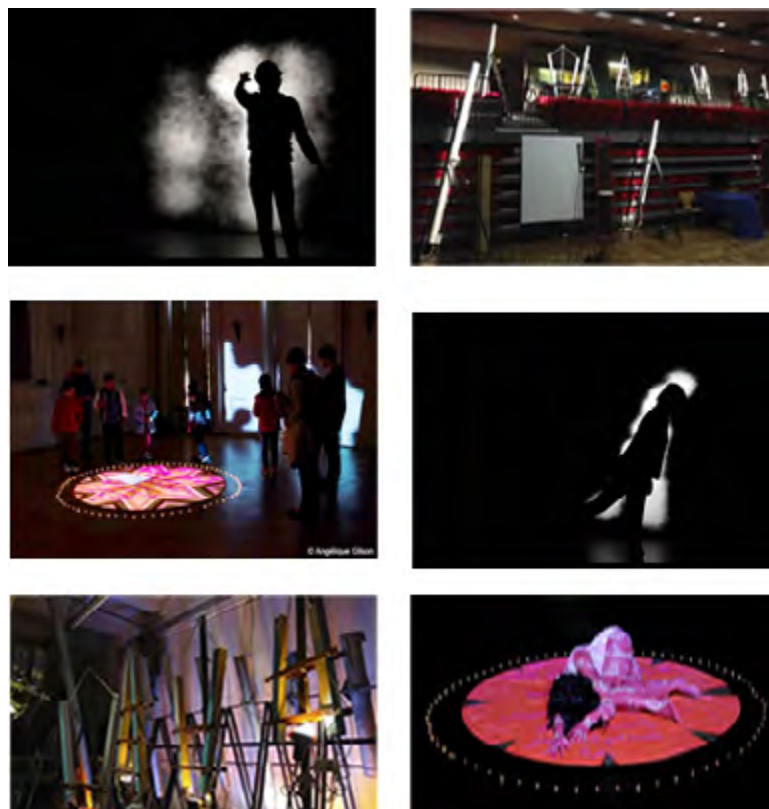


Figure 1: à partir du haut et de la gauche, RêvA (crédit photo : N. Delprat), Thermophonia (crédit photo : D. Baltéan-Carlès), Gardien du Temple (crédit photo : A. Gilson)

► Thermophonia

Thermophonia, projet art-science lauréat de l'appel à projets 2015 de la Diagonale Paris-Saclay, résulte de la collaboration entre le compositeur et plasticien *J. Rémus* (Ipotam Mécamusique) et de *D. Baltean-Carlès*, *C. Weisman*, *V. Daru*, *F. Jebali* et *C. d'Alessandro* des groupes AERO, ETCM, TSF et AA. Des phénomènes thermoacoustiques dans les tuyaux chauffés produisent des sons inédits par conversion de l'énergie thermique en énergie acoustique. L'idée est de réaliser un ensemble visuel et sonore de jeux de tuyaux de thermophones électriques, afin de créer des installations sonores spatialisées. Ces thermophones ont été présentés lors d'une performance à CURIOSITas 2015. Un nouveau prototype (orgue en couronne) conçu par l'artiste a été utilisé lors de mini-concerts en 2016. Plusieurs

stages ont été réalisés sur la modélisation et la simulation des conditions de démarrage du son (stage M1, *T. Hung*, 2015) et sur le volet aide à la fabrication des nouveaux tuyaux et de leur supports (stage M1, *S. Aubert* et *T. Becka*, 2016). Les installations futures prévoient l'interaction avec le public : dispositifs presse-bouton, capteurs par cellule et ensuite jeux utilisant des interfaces de commande comme la Caméra Musicale.

► **Pixel's pixels**

Pixel's Pixels (initialement intitulé ZoomIt!), lauréat des appels à projets 2015 de la Diagonale Paris-Saclay, est une collaboration art-science entre le plasticien B. Planes et E. Frenoux, M. Gouiffès, C. Jacquemin et C. Tenaud des groupes AMI et AERO du LIMSI. Il aboutira à la réalisation d'une installation interactive. Elle sera présentée lors du festival art-science Paris-Saclay CURIOSITas en 2017. Par une approche de fusion d'images à base d'ondelettes Pixel's Pixels simule un zoom infini dans l'image. Quand les limites de la résolution d'une image sont atteintes, on ne voit plus le sujet de la photographie, mais le pixel, c'est-à-dire le constituant de l'image numérique. En continuant le zoom, ce pixel s'enrichit des détails d'une seconde image. Ces travaux ont été implémentés par A. Setkov dans le cadre d'un CDD d'ingénieur d'un mois.

► **Gardien du Temple**

Gardien du Temple se fonde sur un travail collaboratif réalisé pendant la thèse de *P-A. Bokaris* (Université Paris-Sud), avec l'artiste *V. Caye* (artiste vidéo et metteur en scène, collectif Laboratoire Victor Vérité), *J-M Chomaz* (LadHyX, Ecole Polytechnique), *M. Gouiffès* et *C. Jacquemin* du groupe AMI du LIMSI. Cette réflexion art-science s'est concrétisée par la réalisation d'une installation interactive, poétique et performative sur le thème de la dissimulation et de la révélation des mots et des corps. Gardien du Temple est un espace d'interactivité pour le public et un espace de performance dansée. L'installation est à l'échelle d'une pièce et comporte principalement un tapis au sol et un mur de vidéo-projection, une diffusion sonore et une capture des positions du public ou de la danseuse au moyen de kinects. Ce projet a été lauréat des appels à projets 2014 de La Diagonale Paris-Saclay et a été présenté au festival CURIOSITas en 2015. De futurs développements sont envisagés dans le cadre d'une présentation au festival de La Science de l'Art en 2017.

► **RêvA**

Ce projet sur la matérialité virtuelle et la conscience corporelle s'inscrit dans la durée comme projet de recherche art-science autour du paradigme de Rêverie Augmentée (changement virtuel de densité corporelle sous forme d'avatar-nuage). En 2016, il a bénéficié d'une action incitative au LIMSI (collaboration VENISE et P2I) et a été retenu comme problématique art-science pour une délégation de 6 mois au CNRS de *N. Delprat* du groupe AA. Le dispositif a été mis à jour, enrichi de nouvelles fonctionnalités (stage M1, *P. Baudy*, 2016) et des essais de projection grand écran ont été réalisés dans la CAVE (système EVE, groupe VENISE). Deux campagnes de tests ont été menées hors laboratoire avec un nouveau protocole et la mise au point d'outils pour analyser le niveau d'impact sur la représentation du corps et le ressenti. Après ECHO(S) présenté en 2014 au festival Octobre Numérique, une nouvelle installation artistique du dispositif RêvA est prévue en 2018 à la Friche de la Belle de Mai à Marseille.

► **Chorus Digitalis**

Les nouveaux développements de l'instrument de synthèse vocale numérique contrôlée par les doigts à l'aide d'une tablette, le Cantor Digitalis, sont détaillés dans la section du groupe Audio et Acoustique de ce rapport. Plusieurs concerts/performances en France et à l'étranger ont été présentés en 2015 et 2016 par les différents membres du Chorus Digitalis *A. Braffort* (ILES), *C. d'Alessandro* (AA), *S. Delalez* (AA), *L. Feugère* (AA), *O. Perrotin* (AA), *H. Maynard* (TLP) et *B. Doval* (UPMC) avec notamment l'obtention du premier prix à la compétition d'instruments de musique Magareth Guthman à Atlanta.

Approche réflexive en art-science

La nécessité de partager une démarche commune dans des projets art-science incite à réfléchir à la meilleure façon de la mettre en œuvre, en comprenant mieux les différences épistémologiques dans les pratiques scientifiques et artistiques. La très grande variété dans les types de collaboration et la forme des projets questionnent la nature même de l'interaction interdisciplinaire, notamment le rôle du scientifique dans la création artistique. L'attractivité de cette thématique, en partie liée à l'augmentation des appels à projets art-science, mais aussi à l'inclusion de la recherche artistique dans le cadre universitaire, renforce l'intérêt d'un regard critique pour définir les exigences particulières de l'approche art-science. Les rencontres croisées organisées dans les *Interférences_VIDA*, participent de cette réflexion comme la diffusion et la présentation des travaux auprès de la communauté scientifique et des étudiants (séminaires, conférences, *site VIDA*, liste de diffusion *artsciedu*) mais aussi auprès d'un public plus large à travers des festivals et événements artistiques, entre autres les collaborations avec l'Université Paris-Saclay (festival *CURIOSITas*) et la *Diagonale Paris-Saclay*.

Publications en lien avec la thématique sur la période 2015-2016

1. N. Delprat, C. Jacquemin, C. d'Alessandro, *Recherches arts-sciences au LIMSI-CNRS : conversation à trois voix, sous la direction de Jean-Paul Fourmentraux*, in Images interactives: art contemporain, recherche et création numérique, Collection Essais, Editions de la lettre volée, 2016, 171-195. ISBN : 978-2-87317-471-2
2. S. Fdili Alaoui, F. Bevilacqua, C. Jacquemin, *Interactive Visuals as Metaphors for Dance Movement Qualities*, ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS), 2015, vol.5, n°3, 23, <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2738219&CFID=559920974&CFTOKEN=11331070>, DOI : 10.1145/2738219
3. L. Feugère, C. d'Alessandro, *Contrôle gestuel de la voix de synthèse : instruments Cantor Digitalis et Digitartic*, Traitement du Signal, 2015, vol. 32, n°4, 417-442, URL: <http://ts.revuesonline.com/article.jsp?articleId=35669>, DOI : 10.3166/TS.32.417-442

Conférences et séminaires sur la période 2015-2016

1. D.H. Truong, C. Weisman, D. Baltean Carlès, F. Jebali Jerbi et J.Rémus, *Etude du démarrage du son produit par un instrument de musique thermoacoustique : le thermophone*, Congrès Français d'Acoustique 11-15 avril 2016
2. C. Jacquemin, Arts and Science - Illustrative Examples, *Critical Analysis, and Future Opportunities*, 12th International FLINS Conference, ENSAIT, Roubaix, France, 2016
3. C. Weisman, D. Baltean-Carlès, F. Jebali, J. Rémus, D. H. Truong : *Le thermophone : un moteur thermoacoustique particulier*, Journée Dynamique des Fluides du Plateau d'Orsay, 2016
4. N. Delprat, *Comment l'interaction avec un avatar-nuage peut impacter le ressenti corporel*, Département de Psychiatrie, Saint-Cyr sur Loire, Université de Tours, 2016
5. L. Feugère, C. d'Alessandro, B. Doval, O. Perrotin, Cantor Digitalis : *Interactive Voice Factory and Digital Instrument of Sung Vowels/Semi-Vowels*, Ecole d'été Sciences et Voix: expressions, usages et prises en charge de l'instrument vocal humain, 2016
6. N. Delprat, *Interactions arts et sciences*, conférences Horizon Sciences, UPMC, Paris, 2015
7. N. Delprat, *Motivations et intérêts des scientifiques pour une approche art-science: ouverture, refuge, valorisation, résistance ?* Les lundis de l'IRIST, Institut de recherche Interdisciplinaire sur les sciences et la technologie, Université de Strasbourg, 2015
8. N. Delprat, *De l'imagination créatrice à l'intelligence sensible*, conférences de la Licence Sciences et Humanités, Université de Marseille, 2015
9. C. Jacquemin, *AS-ymptote: Arts-Sciences ou l'impossible rencontre ?*, 1^{er} Colloque arts et sciences, Festival Arts et Sciences FACTS 2015, Bordeaux (FACTS 2015), Bordeaux, 17-11 au 29-11, 2015
10. J. Rémus, D. Baltéan-Carlès, *Présentation des Thermophones*, IRCAM Forum Workshop, Paris 24-26 novembre 2015

Performances, concerts

1. *Chorus Digitalis*, Margareth Guthman Musical Instrument Competition (1^{er} prix), Georgia Tech, Atlanta, février 2015
2. *Chorus Digitalis*, concert, Music Tech Metz Festival: Concert Surchauffe-première partie, L'arsenal, Metz, mai 2015
3. *Gardien du temple*, performance et installation, Festival CURIOSITas au CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015
4. *Thermo-Curiositas*, performance de Jacques Rémus, Festival CURIOSITas, CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015
5. *Chorus Digitalis et Calliphony*, Festival CURIOSITas, CNRS à Gif-sur-Yvette, septembre 2015
6. *Mini-concerts de Thermophones*, Portes ouvertes des ateliers des Frigos de J. Rémus, mai 2016
7. *Chorus Digitalis*, Récital à la conférence JEP-TALN, Centre Georges Pompidou, juillet 2016